



# UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

## TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Lavoisier y la revolución química

Autor/es

GUILLERMO CALVO LARA

Director/es

PEDRO JOSÉ CAMPOS GARCÍA

Facultad

Facultad de Ciencia y Tecnología

Titulación

Grado en Química

Departamento

QUÍMICA

Curso académico

2016-17



***Lavoisier y la revolución química***, de GUILLERMO CALVO LARA  
(publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative  
Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.  
Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los  
titulares del copyright.



**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

# **Antoine Lavoisier y la revolución química**

Autor: Guillermo Calvo Lara

Tutor académico: Pedro J. Campos

Titulación: Grado en Químicas

Facultad: Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad de la Rioja

**Resumen:**

En el presente trabajo se analiza el impacto fundamental de Antoine Lavoisier en la revolución química. Para ello se establece el marco histórico así como el contexto personal del químico. Además se explica su influencia en la revolución química centrándose en su labor en los tres aspectos fundamentales de ésta: la introducción de las matemáticas en la química, la nomenclatura racional y el abandono de la teoría del flogisto. Asimismo se trata la relevancia de estos avances en el desarrollo de la química española del período

**Abstract:**

In the following pages the fundamental impact of Antoine Lavoisier in the Chemical Revolution is analyzed. In order to do that the historical context is discussed, as well as the biography of the chemist. In addition to that, his influence on the Chemical Revolution is explained, focusing on the three main aspects of it: the introduction of mathematics in the chemistry, the rational nomenclature and the rejection of phlogiston theory. Furthermore, the relevance of this advances in the spanish development of chemistry is also present in this work.

## Índice

1. Introducción y objetivos (pág 1)
2. Introducción histórica: Francia y el siglo de las luces (pág 3)
  - 2.1. Política interior y gobierno (pág 3)
  - 2.2. Economía (pág 4)
  - 2.3. Ciencia, educación y cultura (pág 5)
3. Antoine-Laurent Lavoisier: Biografía (pág 7)
  - 3.1. Primeros años y formación (pág 7)
  - 3.2. Vida adulta, laboral y científica (pág 8)
  - 3.3. Relación con la Academia (pág 14)
  - 3.4. Últimos días y Muerte (pág 16)
4. La Revolución química (pág 20)
  - 4.1. La necesidad de una revolución en la química: su situación en el siglo XVIII (pág 24)
  - 4.2. La llegada de las matemáticas a la química (pág 28)
  - 4.3. Del flogisto al oxígeno (pág 32)
  - 4.4. Un lenguaje para la química. La nomenclatura (pág 40)
  - 4.5. Lavoisier y la revolución química (pág 49)
  - 4.6. La revolución química en España (pág 52)
5. Conclusiones (pág 61)
6. Bibliografía (pág 62)

## 1.Introducción y objetivos

La química del siglo XVIII difícilmente podría encajar en la concepción moderna de “ciencia”. Carecía de un método claro y preciso, la mayoría de los químicos realizaban sus experiencias sin un rigor y se explicaban en base a una teoría errónea pero de la que nadie se atrevía a dudar. G.F Venel (1723-1775), redactor de la mayor parte de las voces químicas de “L’Encyclopédie”, creía necesaria una revolución en la química y esperaba que llegase un día que un buen químico revolucionara su propia ciencia y la colocase a la altura de las demás.

*“esta revolución, digo, no puede ser realizada más que por un químico hábil, entusiasta y atrevido, que al encontrarse una situación favorable y aprovechar hábilmente algunas circunstancias felices, sepa despertar la atención de los sabios, primero con una ostensión brillante, con un tono decidido y afirmativo, y después con argumentos si sus primeras armas hubieran atacado el prejuicio”.<sup>1</sup>*

Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) fue este químico soñado por Venel que, llevó a cabo esta revolución fuertemente influenciado por sus condiciones y experiencias vitales. En muchos aspectos Lavoisier se puede considerar como el “hombre ilustrado perfecto”. Comedido en su forma de actuar, lógico en la forma de pensar y buscando siempre que la ciencia sirviese al bien común. Cuando murió asesinado durante la Revolución Francesa no solo moría un químico, sino también la ilustración. Tal es así que el día después de su muerte Lagrange (1736-1813) dijo: “Ha bastado un instante para cortarle la cabeza, pero Francia necesitará un siglo para que aparezca otra que se le pueda comparar.”<sup>2</sup>

Es gracias a su trabajo, y de aquellos que colaboraron con él, que la química es hoy en día una ciencia plena, aceptada y experimental. Su trabajo fue decisivo en la madurez y afianzamiento de una química que, se hallaba anclada en el oscurantismo de eras anteriores en muchos aspectos.

El objetivo del siguiente trabajo es dar una visión más moderna y completa a la visión de este personaje y de la revolución química, de suma importancia en la historia de las ciencias naturales.

1º se explicará el contexto histórico en el cual Lavoisier desarrolló su actividad, tratando de explicar la sociedad en la que se crió y como está le influyó.

2º se desarrollará una biografía personal y laboral que permitirá entender las claves de cómo y por qué Lavoisier (y sus colaboradores) desarrollaron la revolución química.

3º se analizará las principales aportaciones que realizó a la química, como su trabajo establece un punto de inflexión en el desarrollo de dicha ciencia, centrado especialmente en su obra magna "*Tratado elemental de química*". Se analizarán los aspectos fundamentales de esta revolución y la influencia de Lavoisier en ellos.

4º se estudiará la influencia de esta revolución en España, a través de los textos de algunos de los principales químicos españoles de dicha época.

## **2. Introducción histórica: El siglo de las luces**

### **2.1 Política interior y gobierno**

Durante el siglo XVIII Francia mantiene la monarquía absolutista como forma de gobierno, lo que concentra todos los poderes en la figura del monarca, el cual no está sujeto a ninguna limitación institucional. Es un poder único desde el punto de vista formal, indivisible, inalienable e intranscriptible. El rey se identifica con el Estado. La autoridad del rey está sujeta a la razón y justificada en el bien común, explícitamente se niega la existencia de ningún límite externo a ella. El poder del rey estaba justificado a través de Dios, al menos en teoría. En la práctica el rey actuaba como garante de los privilegios de la nobleza y de los beneficios de la alta burguesía.<sup>3</sup>



## 2.2 Economía de Francia

La economía se regía por las ideas del mercantilismo. El estado (es decir el monarca y su cámara) eran los encargados de regular la economía, el mercado propio y protegiendo la producción local frente a la competencia extranjera (Subsidiando empresas, creando monopolios privilegiados y mediante los aranceles).

El sistema tributario del reino era claramente desigual. Así pues diferenciaba entre los privilegiados (clero y nobleza) que estaban exentos de impuestos y los no privilegiados (pueblo llano) que cargaban con elevados gravámenes fiscales para costear las instituciones del estado y las guerras del rey. A raíz de la situación generada por la industrialización el rey incrementó los impuestos extendiéndose al clero y la nobleza y creó varias medidas para fortalecer su poder.

Las tasas sobre consumo, los diferentes derechos señoriales que pesaban como una losa sobre el campesinado y el insultante “don gratuit”, cantidad mínima y simbólica pagada por el clero y que quedaba muy lejos de su auténtica capacidad de contribución. Tasas indirectas, por otra parte, cuya recaudación favorecía el surgimiento de un entramado especulativo en manos de los arrendadores de impuestos a quienes recurre la propia monarquía para conseguir préstamos a intereses desorbitados, la “Ferme générale”.<sup>4</sup>

La “Ferme générale” fue una institución que surgió como resultado de las reformas de Jean-Baptiste Colbert (1619-1683) sobre instituciones privadas de recaudación de impuestos previas en 1681. Si bien esta reforma era de carácter temporal, perduró hasta formalizarse como estable en 1726. Se organizaba en 40 “fermiers généraux” o asentistas generales. Así pues la “Ferme générale” tenía un contrato con el gobierno según el cual estos pagaban un dinero a cambio de cobrar los impuestos indirectos (sal, tabaco y bebidas) y hacían respetar los monopolios del estado. Dado que los asentistas esperaban obtener un beneficio de su inversión los abusos fueron algo habitual en esta institución, lo que iba en detrimento de su popularidad.<sup>5</sup>

## 2.3 Ciencia, educación y cultura

El movimiento filosófico imperante en la Francia de la época era la Ilustración. La ilustración se desarrolló a finales del siglo XVII y buscaba “Disipar las tinieblas de la humanidad mediante la luz de la razón” . A raíz de esto el siglo XVIII es conocido como “El siglo de las luces”. De hecho, este movimiento se desarrolló fundamentalmente en Francia, debido a que seguía siendo la primera potencia Europea por número de habitantes y por sus recursos económicos.

La ilustración tuvo su origen en los progresos que la ciencia llevó a cabo entre los años 1620 y 1660, desde Galileo (1564-1642) a Pascal (1623-1662). Pero también trataba de aplicar aquellos logros, que habían madurado en el campo de las ciencias exactas, a otras parcelas del saber o de la vida social, como la política, la religión, la educación. El filósofo René Descartes (1596-1650) fue el gran maestro de todos los adeptos a las nuevas ideas: su *“Método para dirigir adecuadamente la razón”* y sobre todo su recurso sistemático a la duda para librarse de los prejuicios y de los errores fueron, para sus discípulos y sucesores, la clave principal de una reflexión libre que hizo progresar el espíritu crítico. La razón se convirtió en el imperativo supremo ya que, al inspirar el libre examen, desechaba los prejuicios heredados de las generaciones anteriores. La razón iluminada por el conocimiento permitiría que se operase una transformación positiva del mundo, capaz de garantizar el progreso, la regeneración y la felicidad del género humano.

La época de las Luces fue ante todo la de un mayor control de la vida. Gracias a los progresos de la ciencia, se pudo por fin pensar en un cierto control de la naturaleza. Como resultado de esta ilustración las ciencias gozaban de un elevado prestigio y para el rey, “La defensa de las ciencias, así como su difusión ha de ser especialmente protegida por el estado”. Este movimiento, pese a ser oriundo de Inglaterra y Escocia, tiene su máximo desarrollo en Francia, gracias a pensadores como Voltaire (1694-1778) y Montesquieu (1689-1755). <sup>6</sup>

Como resultado de las ideas ilustradas se publica “L’Encyclopedie”, bajo la dirección de Diderot (1713-1784) y D’Alembert (1717-1783), originalmente ideada como la traducción de un diccionario publicado en Inglaterra. Su propósito fue reunir y difundir en prosa clara y accesible, los frutos del conocimiento y del saber acumulados hasta entonces bajo la crítica y tamiz de la razón. Se publicó en una serie de volúmenes entre los años 1751 y 1768. Estructurada de forma alfabética por temas se convirtió en el modo de expresión de las ideas ilustradas y reflejó la situación de la ciencia y la técnica de la época. Su publicación produjo el rechazo del clero y de los gobiernos tradicionales. En España se encontraba entre los libros prohibidos por la Inquisición.<sup>7,8</sup>



Portada original de L'Encyclopédie

### **3. Antoine Laurent de Lavoisier: Biografía**

#### **3.1 Primeros años y formación**

Antoine-Laurent Lavoisier nació en París el 26 de agosto de 1743 en el seno de una familia pequeño burguesa de la magistratura. Su abuelo era procurador de la bailía de Villers-Cotterets que pasó a guardamartillo de las aguas y bosques de la región. Su padre fue abogado y ocupó el cargo de procurador en el parlamento de París.<sup>9</sup>

Estudió en el College Mazarin (también llamado de “Collège des Quatre Nations”) en el cual dedicó el último año de colegial al estudio de las matemáticas y de la física y la física bajo la dirección del astrónomo La Caille (1713-1762). Abandonó el colegio sin acabar el bachiller en artes y comenzó, siguiendo la tradición familiar, la carrera de leyes.<sup>10</sup>

Se matriculó en la facultad de Derecho en 1761. Si bien las ciencias eran su principal interés, estudió leyes por influencia paterna ya que “Si bien la ciencia supone una actividad recreativa de lo más admirable, como profesión carece de todo valor”.<sup>11</sup>

Durante sus años en la facultad de derecho estudió mineralogía con Jean-Etienne Guettard (1715-1786), botánica con Bernard de Jussieu (1699-1777) y química con Guillaume-François Rouelle. (1703-1770).

De 1763 data su primer trabajo científico sobre la aurora boreal observada en Villers Cotterets, en la Picardía, región septentrional boreal del país. Así pues Lavoisier pasó sus años de estudiante encerrado en sus dobles estudios, con una vida social prácticamente inexistente. Se dice que era habitual que fingiese enfermedades para evitar convenciones sociales.<sup>12,13</sup>

### 3.2 Vida adulta, laboral y científica

En 1764 se licenció en derecho y fue admitido en el parlamento de París, aunque no llegaría a ejercer de abogado. Ese mismo año se presenta un concurso de la Academia para alumbrar las calles de París de forma económica. Pese a que su proyecto no fue el ganador obtuvo una medalla y mención especial por lo dedicado y preciso de su trabajo; en el que analizó con detalle los diferentes tipos de reflectores, el coste de los combustibles, el tipo de encendido de diversos aceites y el uso de resinas anticongelantes para el invierno.<sup>14,15</sup>

En 1766 Lavoisier acompañó a Guettard (1715-1786) para la confección del mapa geológico y mineralógico de Francia. Trabajo para el que llevaron numerosos instrumentos físicos de medida como barómetros, termómetros, etc.

En 1768, es admitido como supernumerario adjunto en el departamento de química en la Academia. Además, ese mismo año compra una acción en la “Ferme générale” empleando la herencia de una de sus abuelas. Comienza a emplear la ley de conservación de la masa en un análisis sobre el agua.<sup>16,17,18</sup>

En la “Ferme générale” comenzó como inspector regional de la Comisión de Tabaco. Se le encargó combatir el boyante tráfico de tabaco de contrabando que algunos minoristas mezclaban con tabaco legal.

Para combatir dicho contrabando Lavoisier ideó un método para analizar el tabaco y descubrir si estaba adulterado con ceniza. Así pues impuso un meticuloso sistema de pesaje y contabilidad de todas y cada unas de las etapas del recorrido del tabaco hasta el punto de venta, para detectar en qué punto de la cadena se producía el adulterio y no “tomar por culpables a quienes son inocentes” .

Ese método, encaminado a determinar exactamente dónde y cómo se producía una alteración, era prácticamente el mismo, en cuanto a su principio fundamental, que el método que estaba aprendiendo a emplear en química.<sup>19</sup>

El 16 de diciembre de 1771 se casó con Marie Anne Pierrette Paulze (1758-1836), hija de Jacques Villee, otro asentista, y con la que se llevaba 15 años de diferencia (él tenía 28 años y ella 13). El arreglo del matrimonio conllevó ciertos problemas, pues Marie Anne era heredera de una importante fortuna lo que la convertía en una candidata codiciada. Tenía como pretendiente al Conde D'Amerval, un aristócrata cincuentón venido a menos con fama de liberal, pero que ocupaba el puesto de interventor general de finanzas. Sin embargo Jacques era reacio a forzarla a un matrimonio que fuese de su desagrado (algo nada convencional en la época, si bien tampoco extraordinario).

Por edad, carácter y situación económica Antoine Lavoisier era un pretendiente mucho más atractivo para la pequeña Marie-Anne, que contaba con el extra de que por su trabajo se conocían y tenían afecto. Antes de poder planear la boda fue necesario que Jacques blindase la posición del pretendiente al frente del departamento de tabacos de la “Ferme générale” e impedir que en represalia el Conde pudiese desplazarle del puesto. Su padre le regala el decorativo título de “Secretario del Rey” por lo que adquiere un título de noble en lo que vino a llamarse “haute bourgeoisie”.

Conviene recordar que el matrimonio burgués en la época es mayormente de conveniencia, el que hubiese afecto o relación entre los cónyuges pasaba a ser considerado una cuestión secundaria. Sin embargo, al no tener hijos, la esposa se involucra en el trabajo científico de Lavoisier y no tarda en volverse una indispensable colaboradora, ya que se encarga de traducir al francés obras inglesas, así como a ilustrar los complejos aparatos y sistemas de laboratorio para el *“Tratado elemental de química”*, además de actuar como asistente de laboratorio y gestionar el registro de los experimentos. Según parece compartía con su marido un carácter tranquilo y reservado y la preferencia por las actividades productivas.



Retrato de M y Mme Lavoisier, por Jacques Luis David, 1788, Museo metropolitano de Nueva York

En calidad de dama burguesa, se la hacía responsable de la organización de eventos sociales y reuniones. Marie Anne, fiel al espíritu ilustrado y la difusión y avance de las ciencias se encargará de invitar a estos eventos sociales a eminentes científicos de la época, para que pudieran conocer los trabajos de su marido y este los de ellos. Es decir, realizaba un trabajo de relaciones públicas y organizadora de “pequeños congresos” . Gracias a ello Lavoisier entra en contacto con los trabajos de Cavendish (1731-1810) y Priestley (1732-1804) y tradujo el artículo de Kirwan (1733-1812) titulado *“De la fuerza de los ácidos y de la proporción de las sustancias que componen las sales neutras”*. Por estas contribuciones está considerada como “la madre de la química moderna”. <sup>20, 21</sup>

En 1772 se convierte en miembro asociado de la Academia, por lo que, junto con su trabajo como asentista general y gracias a su suegro, tenía acceso a altos funcionarios, ministros y estadistas. Este año comienza sus experimentos sobre la pureza del agua y la posibilidad de transformarla en tierra.<sup>22</sup>

En la década de 1770 se le encarga un informe sobre las salitrerías y la producción de la pólvora cuyo comercio estaba monopolizado por una compañía financiera encargada por contrato de los suministros del estado. Después de poner de manifiesto la imperfección de los métodos de fabricación, el elevado coste y la insuficiencia de la producción de un artículo de vital importancia para la defensa nacional, sugirió que el Estado debía hacerse cargo de todo lo concerniente a la producción de pólvoras y salitres. Así pues, el presidente de la “Ferme générale”, decidió rescindir el contrato con la Contrata de la Pólvora y autorizó a Lavoisier, Henri François d’Omerson y Pierre-Samuel Dupont (1739-1877) a crear una nueva “Régie des Pudres et Salpêtres” (Administración de Pólvoras y Salitres). Por destacar la importancia de este producto, uno de los principales motivos de la derrota de Francia en la Guerra de los Siete Años fue la escasa fiabilidad y calidad de su pólvora. Tal es así que las existencias del material se habían acabado por una escasez de salitre. Pierre-Samuel Dupont era un economista discípulo de Quesnay que durante la revolución emigró a Estados Unidos, donde su hijo Éleuthère Irénée du Pont de Nemours (1776 - 1834), discípulo de Lavoisier, fundó la empresa DuPont para la manufactura de pólvora.

Al año siguiente, en 1775, Lavoisier es nombrado director de la recién creada Administración de Pólvoras y Salitres y se le encargó solucionar el problema de la escasez de pólvora de Francia. Se trasladó a El Arsenal donde instaló un laboratorio espléndido. Como director emprendió una serie de investigaciones sobre el salitre, que contó con un fuerte respaldo del gobierno. Diseñó una serie de proyectos encaminados a mejorar los métodos de extracción del salitre natural y las técnicas de producción del artificial, así como a entender la naturaleza química de la pólvora de calidad.



En 1776 se produce un cambio en la dirección de la “Ferme générale” y la nueva administración consigue que Lavoisier se aleje de las investigaciones en materia económica y le obliga a centrarse en las científicas. Lavoisier maniobró con tesón y éxito para asegurarse que el monopolio de la pólvora seguía en manos de la Administración de la Pólvora y el Salitre. Sus mejoras en las técnicas de fabricación de pólvora permitió a Francia obtener excedentes de pólvora que fueron enviados para apoyar a los rebeldes americanos en la Guerra de Independencia Americana a través de la compañía francesa “Hortalez & Cie”.<sup>23</sup>

En 1777 presenta la memoria “*Sobre la combustión en general*” en la que lanza sus primeros ataques a la teoría del flogisto, así como diversos estudios sobre la salitre y la pólvora. Emplea por primera vez el neologismo “oxígeno” en una memoria presentada en la Academia.<sup>24</sup>

En la década de los 80 estudia los ácidos, el calor, junto a Laplace, y experimenta sobre la síntesis y análisis del agua. En esta década publica la memoria “*Sobre la composición del agua*” y “*Reflexiones sobre el flogisto*”.<sup>25,26</sup>

En 1787 junto con L. B. Guyton de Morveau (1737-1816), Claude Louis Berthollet (1748-1822), y Antoine-François de Fourcroy (1755-1809), presentaron una nueva nomenclatura a la Academia porque no había prácticamente un sistema de nomenclatura química racional en ese momento, como ya veremos en el capítulo dedicado a ello.<sup>27</sup>

En 1788 es nombrado director del “Caisse d’Escompete” o Banco de Descuento. Una institución creada por Turgot en 1776 (disuelta en 1793 por el gobierno revolucionario) cuya función era la de prestar dinero al gobierno.<sup>28</sup>

En 1789 publica su obra magna, el *“Tratado elemental de química”* y en 1792 *“Trabajos para el sistema métrico”* y llevó a cabo estudios cuantitativos sobre la fermentación alcohólica y halló además de etanol y dióxido de carbono.

### **3.3 Relación con la Academia :**

La Academia de Ciencias (fundada 1666 y reformada en 1715) fue una institución íntimamente ligada al rey. La Academia era un grupo social organizado que llevaba a cabo diferentes misiones, encargadas por el rey. Se organizaron en comisiones de 4 o 5 miembros que trabajaban en equipo para la elaboración del informe final. De puertas para adentro funcionaba como una meritocracia, recompensando y promoviendo aquellos cuyas contribuciones a la ciencia fuesen de mayor valía. De puertas para afuera tenía la autoridad de validar o desacreditar los nuevos descubrimientos y teorías científicas que se hacían públicos. Ejercía como árbitro de la ciencia. Su primer contacto con la Academia fue en el ya mencionado concurso para alumbrar las calles de París.

Lavoisier intentó formar parte de la Academia desde joven. En 1766 solicitó una plaza de químico adjunto que no consiguió. En 1768 volvió a optar a una plaza que perdió ante Théodore Baron por designio del rey, pero se le concedió una plaza extra de adjunto supernumerario. En 1772 fue nombrado asociado. En su actividad en la academia Lavoisier trabajó conjunto a matemáticos y físicos, mientras que la mayoría de químicos de la época lo hacían junto a médicos.

La Academia ayudó a constituir el sistema de valores por el que rigió su vida. Le inspiró temas de investigación y le obligó a desarrollar la claridad y concisión que caracterizaron su estilo, además de proveer a Lavoisier de un prestigio, y un alcance para sus publicaciones.

No obstante la revolución francesa (1789) interrumpiría en la relación entre el químico y la Academia. con la supresión de la “Ferme générale”, el 20 de marzo de 1791, privó a Lavoisier de su principal fuente de ingresos. Como resultado este se vuelca enteramente en su trabajo en la Academia, de la que fue nombrado tesorero en diciembre de ese año.

Al quedarse la academia sin financiación Lavoisier llegó a adelantar de su bolsillo el dinero necesario para los sueldos de los académicos.<sup>29</sup>

El 8 de agosto de 1793 se disolvió la Academia acusada de ser aristócrata. Algunos académicos (entre ellos Lavoisier) tratarán de salvarla convirtiéndola en “La Sociedad libre y fraterna (popular) para el progreso de la ciencia”, pero sus esfuerzos fueron inútiles. Hasta la supresión de dicha institución por el gobierno revolucionario presentó en ella la mayoría de de sus memorias científicas y redactó multitud de informes sobre diversos temas, desde la reforma de prisiones hasta estudios sobre meteoritos.<sup>30,31</sup>

### 3.4 La revolución francesa y muerte de Lavoisier

En marzo de 1789, Lavoisier se presentó a las elecciones como representante del Tercer Estado, grupo social formado por personas no pertenecientes a la aristocracia (Primer Estado) ni el clero (Segundo Estado) por el distrito de Villefrancouer, situado en la zona centro de Francia. En dicha región había realizado durante varios años experimentos de reforma agrícola en su finca de Fréchines: un proyecto a una escala lo bastante grande como para beneficiar a las áreas colindantes y encaminado a abordar el creciente problema de la hambruna en Francia. Además acababa de hacer unos cuantiosos préstamos sin intereses a las ciudades de Romorantin y Blois, situadas ambas también en la región centro, como recurso de urgencia para paliar la escasez de trigo.<sup>32</sup>

En su campaña Lavoisier empleó un lenguaje que se anticipaba, en cierto sentido, a la retórica de la Revolución Francesa. Prometió que renunciaría a todas las exenciones fiscales de las que no gozasen los habitantes de su circunscripción electoral.

En las elecciones de Blois intentó presentarse por parte del tercer estamento, sin embargo técnicamente hablando, Lavoisier pertenecía a la aristocracia, por lo que los burgueses no se sentían cómodos con él. Trató de presentarse entonces como miembro de la nobleza, sin embargo sus actividades económicas, fundamentalmente su trabajo en la “Ferme générale” hacía recelar a los otros nobles.

Lavoisier era demasiado aristócrata para representar a la burguesía y demasiado burgués para representar a la nobleza, situación mixta que la acarrearía muchos problemas en lo sucesivo.

No obstante los nobles de Blois le ofrecieron un puesto de secretario, el cual aceptó. Aprovechando dicha calidad redactó un borrador de una constitución ideal (o idealizada) para Francia. En dicho texto Lavoisier defendía la seguridad de las personas y de la propiedad y al mismo tiempo hacer extensivo el derecho a la libertad a

todos los ciudadanos. El documento recomendaba la igualdad impositiva, así como la reforma de los sistemas jurídico, agrario y económico y la eliminación de las tarifas aduaneras internas. Con este sencillo texto Lavoisier entraba en la política como lo había hecho en otros campos, analizando los principales problemas y buscando las soluciones más directas y sencillas.<sup>33</sup>

Apoyó activamente la declaración de los derechos del hombre y del ciudadano, del 28 de agosto. A lo largo de estos días Lavoisier, junto a otros moderados, esperaba que se constituyese una monarquía constitucional, similar a la inglesa pero de carácter más liberal.<sup>34</sup>

No obstante a raíz de los hechos del 6 de octubre, la detención de la familia real y encierro en las Tullerías, Lavoisier intentó desmarcarse de la política, aunque siguió en el Banco de Descuento, no obstante la política no se había desmarcado de Lavoisier.

Jean-Paul Marat (1743-1793), médico francés más conocido por su labor de periodista, activista y político, que había tenido en Lavoisier a su bestia negra científica, publicó el primer número de su periódico "*l'ami du peuple*" en septiembre de 1789. La inquina de este "nuevo periodista" venía desde 1779, cuando había comenzado una carrera como "científico" e intentó ganarse el respeto de la comunidad científica. En ese año Marat mostró a Benjamin Franklin (1706-1790) y a los académicos Baltasar Georges Sage (1740-1824), Jean-Baptiste LeRoy (1720-1800) y Trudaine de Montigny (1733-1777) una serie de experimentos ópticos que pretendían hacer visible la "materia del fuego". A fin de explicar el fenómeno había improvisado incluso la teoría de que el fuego era el resultado "de la activación de las partículas del fluido ígneo contenidas en los cuerpos". Los observadores académicos alabaron lo ingenioso de los experimentos pero declinaron pronunciarse sobre la explicación teórica.

Marat siguió presionando para que la Academia reconociese sus teorías sobre la luz, el calor y el fuego, pero cuando la Academia incluyó a Lavoisier en el nuevo comité de examinadores, Marat se opuso a su presencia. El propio Lavoisier había emprendido,

un año antes, un programa de experimentos de combustión mucho más riguroso. El 10 de mayo, la Academia, presionada por Marat para que aprobase sus experimentos, respondió finalmente “Sería inútil molestarse en darlos a conocer; los miembros de la comisión consideran que la Academia no puede refrendar ni apoyar experimentos de esa naturaleza”.

Un mes después salió publicado un artículo en el “*Journal de Paris*” que informaba de los experimentos y teorías de Marat sobre la “materia del fuego” como si la Academia los hubiese aceptado. Fue Lavoisier quien reparó en la falsedad de la información y expresó públicamente su repulsa. Rechazado de manera definitiva por la Academia de las Ciencias, Marat empezó a incubar una marcada hostilidad por la clase dirigente científica en general y por Lavoisier en particular.<sup>35</sup>

Así pues desde 1789 Marat no perdió ocasión de acusarle públicamente de ser el “corifeo de los charlatanes” y no paraba de recordar al público que se trataba de “Contratista general, director de la Administración de Pólvora, administrador del Banco de Descuento, miembro de la Academia de las Ciencias, secretario del rey, etcétera”

A lo largo de los años de la revolución la “*Ferme générale*”, así como sus miembros habían sido vigilados, incluso después de su desaparición. El 24 de noviembre la Convención mandó detener a los antiguos asentistas generales .

Oficiales de la Convención Nacional en nombre del “Comité de Salud Pública”se presentaron el domicilio de Antoine Lavoisier, sito en el 243 del bulevar Madeleine. Llegaron para incautar los papeles de Lavoisier. No encontraron nada sospechoso pero los requisaron igualmente. Lavoisier pidió sellar el paquete con su sello para asegurarse de que a posteriori no se añadían papeles incriminatorios. El 5 de mayo la Convención Nacional decreta que los asentistas sean juzgados por un tribunal revolucionario.

Serán juzgados el 8 de mayo por los delitos de malversación de fondos, beneficios excesivos, gratificaciones abundantes, retrasos injustificados en los pagos al tesoro

público y fraude en el comercio del tabaco, así como de complot para favorecer a los enemigos de la nación.

Fue ejecutado el mismo día, junto al resto de asentistas y todos su bienes confiscados considerados propiedades de la república. En un solo día Marie-Anne de Lavoisier se había quedado huérfana y viuda.<sup>36</sup>



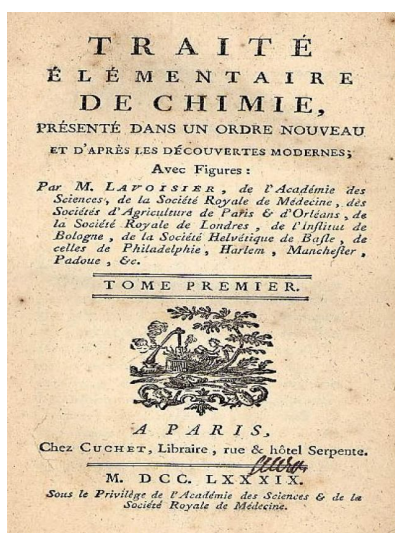
#### 4. La revolución química

Generalmente se considera que la revolución química consiste en el abandono de la teoría del flogisto y su sustitución por una teoría sobre la combustión basada en la acción del oxígeno.<sup>37</sup> Si bien no hay duda de que este cambio teórico es parte de la proceso, no consiste en la revolución química al completo.

Habría que considerar además los cambios en la nomenclatura que se produjeron a finales del siglo XVIII ( con los importantes conceptos teóricos a los que iban unidos, como ya veremos), así como el uso sistemático de la medida y las matemáticas en las demostraciones químicas.

Como ya se ha dicho, el *“Tratado elemental de química”* recoge el espíritu de la revolución química de Lavoisier. Gribbin, incluso afirma

“Su publicación, en la medida en que es posible establecer hitos, marca el momento en que la química se libró de los últimos vestigios de la alquimia y se convirtió en algo reconocible como una forma ancestral de la disciplina científica que conocemos hoy en día con tal nombre” <sup>38</sup>



Portada original del “Tratado Elemental de Química”

En su discurso preliminar Lavoisier aprovecha para exponer los motivos que le han llevado a buscar ese cambio en la forma de ver, analizar y enseñar la química y la forma en la que lo ha intentado. “Toda ciencia física se forma necesariamente de tres cosas, una serie de hechos que constituyen la ciencia, las ideas que los evocan y las palabras que los expresan.”

La revolución de Lavoisier puede expresarse en esos tres términos, los hechos, la nomenclatura y las conclusiones.

“Aquellos que lean con atención la primera parte de este tratado encontrarán repetidamente compradas estas verdades; pero, como me he visto forzado a seguir en él un orden diametralmente distinto al que se ha adoptado hasta el momento en todas las obras de la química, manifestaré los motivos que he tenido para ello.

Es un principio constante, cuya generalidad está bien verificada tanto en las matemáticas como en los demás saberes que para instruirnos debemos pasar siempre de lo conocido a lo desconocido. (...)

Cuando nos disponemos por primera vez a realizar el estudio de una ciencia, nos encontramos con relación a ella, en un estado muy similar a aquél en que se hallan los niños, y el camino que debemos seguir es precisamente el que sigue la naturaleza en la formación de sus ideas. Así como en el niño la idea es un efecto de la sensación, y es ésta quien produce la idea, de la misma forma así para aquel que se dispone a iniciar el estudio de las ciencias físicas las ideas no deben ser más que una consecuencia, el resultado inmediato de una experiencia o una observación.” <sup>39</sup>

Con estas palabras Lavoisier defiende el método empírico aplicado especialmente a la química, sobre todo a la hora de extraer conclusiones. A continuación analiza las causas que han llevado a la química a estar impregnada de tales “ideas falsas”

*“Seáme permitido añadir que la situación del que entra en la carrera de las ciencias es menos ventajosa que la del niño que adquiere sus primeras ideas; si éste se engaña respecto a los efectos saludables o nocivos de los objetos que le rodean, la naturaleza le suministra multiplicados medios para rectificar. Cualquier*

*juicio que forme se ve a cada instante corregido por la experiencia. La privación o el dolor suceden a un juicio falso; la alegría y el placer a un juicio adecuado. No se tarda con tales maestros en llegar a ser consecuentes, y pronto se razona de forma justa cuando no puede hacerse de otro modo bajo pena de privación o sufrimiento.*

*No ocurre igual en el estudio y práctica de las ciencias: los juicios falsos que formamos no involucran a nuestra existencia y bienestar; ningún interés físico nos obliga a rectificar. Por el contrario, la imaginación que siempre tiende a llevarnos más allá de los límites de la verdad, el amor propio y la confianza que nos inspira en nosotros mismos, nos inducen a sacar consecuencias que no se derivan inmediatamente de los hechos; de suerte, que parecemos estar en algún modo, interesados en seducirnos. No es extraño, pues, que en las ciencias físicas, en general, se haya comúnmente realizado conjeturas en lugar de conclusiones, que estas conjeturas al transmitirse de épocas en épocas hayan llegado a ser cada vez más dominantes por el peso de autoridad que adquirieron y que, en fin, hayan sido adoptadas y consideradas como verdades fundamentales incluso por hombres de gran inteligencia.”<sup>40</sup>*

El análisis histórico que realiza sobre el pensamiento no podría ser más acertado, sobre cómo con el paso del tiempo la conjetura se convierte en verdad inamovible para los estudiosos. En estas palabras transmite los motivos por los que es necesario un cambio fundamental en la forma de entender dicha ciencia. A continuación, siguiendo siempre un orden lógico y estructurado, procede a explicar de qué manera es necesario realizar el cambio

*“Para evitar estos desvaríos el único medio consiste en suspender o, al menos, simplificar todo lo posible el razonamiento que, por proceder de nosotros solamente él puede engañarnos; en someterlo continuamente a la prueba de la experiencia; en no conservar más que los hechos que son datos de la naturaleza y no pueden equivocarnos; en no buscar la verdad más que en el encadenamiento natural de las experiencias y observaciones, al igual que los matemáticos llegan a la solución de un problema por simple ordenación de los datos, reduciendo el razonamiento a operaciones tan sencillos, a juicios tan breves, que nunca pierden de vista la evidencia que les sirve de guía.*

*Convencido de estas verdades, me he impuesto la ley de no pasar nunca más que de lo conocido a lo desconocido. de no deducir ninguna consecuencia que no se derive inmediatamente de las experiencias y observaciones...”*<sup>41</sup>

Dicho de otra manera, Lavoisier tratará, en la medida de lo posible, de de “suspender” las ideas preconcebidas e intentar formar una idea nueva y libre de prejuicios. En cierta manera, aplicar la duda sistemática descrita por Descartes en *“Método para dirigir adecuadamente la razón”*

#### 4.1 La necesidad de una revolución en la química: El estado de la química en el siglo XVIII

A mediados del siglo XVIII la química estaba rodeada de un oscurantismo como resultado por su paso por la alquimia medieval y renacentista. Era una ciencia más baconiana (es decir, basada en razonamiento inductivo) que newtoniana conformada por una ingente recopilación de hechos (y pseudohechos) no muy bien ordenados por la teoría. En el siglo XVII comenzó una cierta evolución en la alquimia, Robert Boyle (1627-1691) en su tratado “*el químico escéptico*” pone en tela de juicio la concepción aristotélica de los elementos, así pues un experimento cuyos resultados no fuesen los esperados no era *fallido* sino que ponía en duda la teoría. No obstante algunos de los viejos hábitos perduraban, seguía siendo un conocimiento no puramente científico sino contaminado por la filosofía y la teología, lo que lo hacía inútil.<sup>42</sup>

No obstante, John Gribbin, en su “*Historia de la ciencia*” plantea otra posibilidad

“Si bien los químicos se quedaron rezagados (...) no es porque fueran especialmente estúpidos o supersticiosos. Sencillamente, carecían de herramientas para su trabajo. (...) Lo que los químicos necesitaban, sobre todo, era una fuente de calor fiable y controlable para producir reacciones químicas”<sup>43</sup>

Es decir, Gribbin acusa a las deficiencias técnicas y materiales de la situación intelectual de la química. Sea como fuere, en el siglo XVII la química era un estudio atrasado, carente de método, técnica e incluso una teoría básica útil con la que explicar los resultados experimentales.

El químico alemán Georg Stahl (1659-1734) basándose en la revisión de la teoría elemental de Paracelso que llevó a cabo Johann Joachim Becher (1635-1682) ,imaginó la existencia de una tierra inflamable (terra pinguis)“tierra grasa” que era el elemento que ardía en las combustiones. Denominó a este principio con el nombre de “flogisto”.

Según la teoría de Stahl todos los metales y cuerpos combustibles contenían un principio común, el flogisto, idéntico en todos, que se eliminaba durante la combustión o calcinación y podía transmitirse de un cuerpo a otro. Era el ingrediente material sobre el que actuaba el fuego, una especie de “combustible fundamental”, en una visión más moderna de la química podríamos definir el flogisto como un híbrido entre la energía de enlace y el estado de oxidación de una sustancia, de alguna manera una forma material de entender el estado energético.

La teoría del flogisto gozó de una rápida difusión. Todas las reacciones conocidas pasaron a explicarse mediante el flogisto. La corrosión era una combustión muy lenta en la que el metal liberaba flogisto al aire, al igual que en la calcinación

El proceso de refinado de metales a base de fundir menas con carbón vegetal implicaba la transferencia del flogisto del carbón a la mena, que al recibirlo se convertía en el metal refinado.

Esta teoría consideraba que los materiales que ardían con facilidad, como la madera o el carbón, eran ricos en flogisto, además al apagarse una llama sin que el combustible haya ardido por completo en espacios cerrados era producto de la saturación del aire en flogisto.

Además razonó que el flogisto liberado a la atmósfera era absorbido por las plantas y los árboles, de ahí que la madera fuese rica en dicho elemento.

La teoría del flogisto, aunque errónea fue un paso en la dirección correcta. Explicaba de forma sencilla una amplia gama de observaciones empíricas y parecía consistente con los datos de la época.<sup>44</sup>

Por ese motivo la mayoría de químicos del siglo XVIII aún creían en ella y la defendían. Pasó a ser parte del acervo cultural compartido por los más doctos. Kant, en la Crítica de la razón pura la calificaba de “hito en la historia de la ciencia”.<sup>45</sup>

Pero la teoría del flogisto, pese a que supuso un avance con respecto a la concepción aristotélica previa no estaba exenta de inconvenientes. En algunos casos los compuestos al liberar flogisto ganaban peso (oxidaciones) mientras que en otros lo perdían (combustiones), además sobre el resto de elementos se seguían teniendo unas ideas muy primitivas.

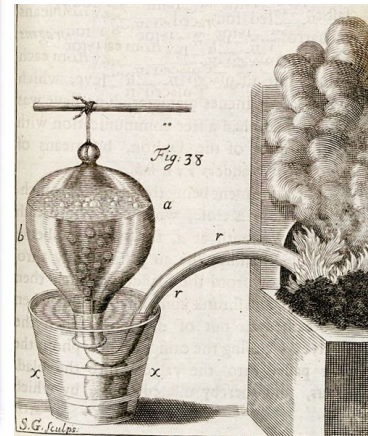
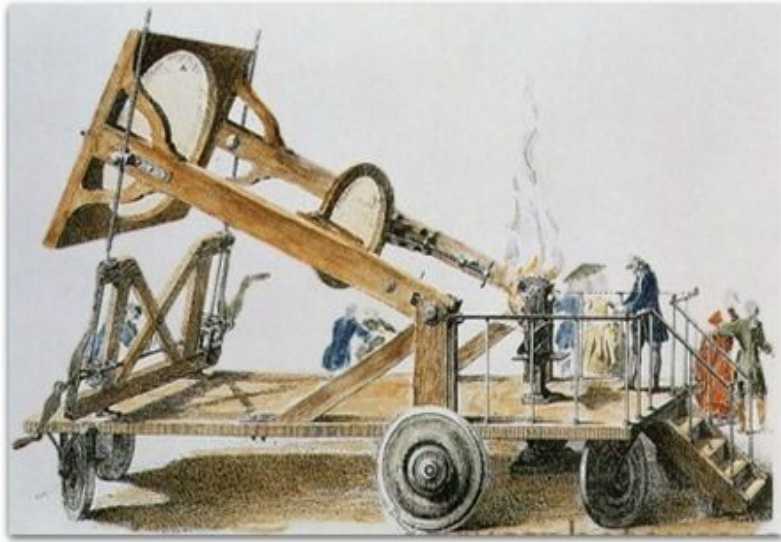
Además, durante el siglo XVIII los químicos ampliaron el número de sustancias objeto de manipulación en el laboratorio, mejoraron los métodos para fabricar muchos productos de interés comercial y lograron manejar e identificar otros “aires” distintos del aire común o atmosférico. A mediados de siglo, y gracias a ciertos avances técnicos, los químicos británicos y suecos comienzan a investigar el aire pero partiendo desde el punto de vista flogístico. En 1754 Joseph Black (1728-1799) consigue aislar dióxido de carbono puro, Priestley bautizó al oxígeno en 1774 (aunque aislado anteriormente por Scheele (1742-1786)) como “Aire desflogistizado” y Cavendish al hidrógeno en 1766 como “Aire inflamable”.<sup>46</sup>

Como vemos, habían conseguido aislar por primera vez gases “puros” y estudiar sus propiedades, pero partiendo de los conceptos del flogisto fueron incapaces de alcanzar a una explicación más acertada, si bien para la mayoría de químicos de la época eran satisfactorias.

Cavendish además observó como la mezcla de “Aire inflamable” (hidrógeno) y “Aire desflogistizado”(oxígeno) generaba agua. No llegó a profundizar en sus experimentos sobre el agua, pero a vista de su descripción consideraba una sustancia ligada al flogisto.<sup>47</sup>

A lo largo del siglo surgieron una serie de instrumentos que permitieron a los químicos de la época realizar nuevos experimentos, como la lente de Tschirnhausen, a la cual el historiador Arthur Donovan ha comparado con un acelerador de partículas del siglo XX, que permitía atacar a las sustancias que se consideraban elementales; o la cuba

pneumática de Hales que canalizaba los gases liberados durante una reacción química desde el recipiente donde tenía lugar hasta un cuenco invertido lleno de agua, un sistema empleado para capturar y retener aires, y que fue la base de la química neumática británica <sup>48</sup>



Lente de Tschirnhausen, aparato empleado para la calcinación de sustancias. Cuba neumática de Hales, para la obtención de gases

En Europa, la química era una ciencia realizada en los salones o en los laboratorios que atraía a la gente rica y mundana más que a los profesores universitarios. Era una ciencia alejada del pueblo y del interés general, se trataba más de un espectáculo que de una verdadera ciencia



## 4.2 La llegada de las matemáticas a la química

Para el químico contemporáneo las matemáticas suponen una herramienta fundamental en su trabajo. Desde análisis y rendimientos hasta el cálculo de fuerzas de enlace la ciencia de hoy en día gira en torno a los números. No solo eso, en la química moderna toda sustancia ha de ser pesada y medida, todo análisis llevado a cabo con rigor y todo rendimiento calculado. Pero hubo un tiempo en el que no era así. La química pre-revolucionaria era ajena al cálculo y a una metodología basada en la medida. Estaba sin “newtonizar” como señalan algunos autores.

Por ejemplo Kant (1724-1804), en su obra *“Fundamentos metafísicos de la ciencia natural”* sostenía que la química no podía aspirar a la condición de auténtica ciencia porque se basaba en un repertorio de hechos empíricos, baconianos, en lugar de proceder a partir de axiomas teóricos.<sup>49</sup>

Los químicos ingleses realizaron un excelente trabajo de química experimental y cuantitativa. A pesar de que su trabajo fue similar al realizado por su colega Lavoisier, no pretendieron cambiar las bases de esta ciencia.<sup>50</sup>

Lavoisier, sin embargo, había sido educado por matemáticos y geómetras (Lacaille), así como físicos (Nollet), además de que ejercía un trabajo económico en la “Ferme Generale”.

Según Lacaille la teoría científica tenía que surgir de la interpretación de datos cuantificados con precisión. Las propias matemáticas tenían su origen en la sistematización de la información empírica.

Las matemáticas no componen una revolución en la química en sí mismas, sino que son el instrumento primordial para llevarla a cabo. Así en el prefacio del *“Tratado elemental de química”* escribió Lavoisier.

“Para evitar estos desvaríos el único medio consiste en suspender o, al menos, simplificar todo lo posible el razonamiento que, por proceder de nosotros

solamente él puede engañarnos(...) La razón debe someterse en todo momento a la demostración experimental”.<sup>51</sup>

Con esto Lavoisier quería decir que a la hora de realizar un experimento es perjudicial para el objetivo del mismo ir ya con unas ideas preconcebidas sobre qué resultados se deben obtener del mismo. Son los modelos los que han de ajustarse a la realidad y no al revés.

Bien es cierto que la balanza no era desconocida en el laboratorio antes de los trabajos de Lavoisier, incluso, en algunos casos tales como el del ensayo de monedas, indispensable para el trabajo allí realizado.<sup>52</sup> Lo realmente revolucionario no consiste en el instrumento en sí, sino en la aplicación del mismo con fines demostrativos.

En el capítulo I de la parte III del “*Tratado elemental de química*” ( titulado “*De los instrumentos apropiados para determinar el peso absoluto y el peso específico de los cuerpos sólidos y líquidos*”) escribe Lavoisier.

“Poco importa, en la mayoría de experimentos que se haya empleado una cantidad A o una cantidad B de materia, siempre que se expresen claramente (...) y que reunidas todas hagan una suma igual al todo (...)

Como todo lo útil y exacto que se puede hacer en química depende de la determinación del peso de las sustancias, antes y después del experimento, es preciso poner en ello toda la exactitud posible” .<sup>53</sup>

No para un trabajo práctico (como pudiera ser el análisis de las monedas o la preparación de medicamentos) sino para el trabajo académico y teórico de la ciencia química. Incluso en trabajos prácticos en los que no se empleaba tradicionalmente, recordemos como modernizó el sistema aduanero de la “Ferme générale” con respecto al adulterio del tabaco y como su método, basado en pesar en cada punto del trayecto, permitía identificar en qué paso se había producido la alteración.

Para Lavoisier la cuantización es parte fundamental del trabajo científico. Por ello los primeros capítulos de la tercera parte del “*Tratado elemental de química*” están dedicados a cómo hacer las medidas correctamente. Cabe destacar que no se limita únicamente a medir, sino a hacerlo bien. En estos capítulos se aprecian conceptos analíticos tales como precisión de medida

“En los experimentos químicos no es raro el tener que determinar con la precisión de medio grano a uno o el error(...)Un procedimiento excelente para evitar los errores en las pesadas consiste en repetirlas dos veces...”<sup>54</sup>

Como veremos esta cuantización en la química será fundamental a la hora de hundir la teoría del flogisto y sustituirla por la del calórico

Tras la publicación de los “*Opuscules physiques et chimiques*” publicados en 1774, Trudaine, Macquer, Le Roy y Cadet realizaron una reseña crítica en la que se dice

“él ha sometido todos sus resultados a la medición, al cálculo y a la balanza: método riguroso que, felizmente para la química, comienza a ser indispensable en la práctica de esta ciencia”.<sup>55</sup>

### 4.3 Del flogisto al oxígeno

Lavoisier, como el resto de químicos de su época, trabajó con las pocas reacciones químicas que se conocían, fundamentalmente combustiones y calcinaciones. Como ya se ha mencionado anteriormente, estas reacciones se explicaban empleando la teoría del flogisto, sin embargo, Lavoisier encontró ciertos inconvenientes entre la teoría y sus resultados experimentales.

Entre los años 1772 y 1774 observó que en combustiones de no metales (fósforo) el producto pesaba más que el reactivo de partida, lo que inducía a pensar que se había ganado algo, en lugar de que se había liberado algo, como defendía la teoría del flogisto. Así pues atribuía esta ganancia de peso a “una cantidad prodigiosa de aire que se fija durante la combustión”. En una nota entregada al secretario de la Academia el 20 de Febrero de 1772 redactó <sup>56</sup>

*“Este descubrimiento, que he contrastado con experimentos que me parecen decisivos, me hace pensar que lo que se observa en la combustión del azufre y del fósforo podía muy bien tener lugar en todos los cuerpos que adquieren peso por la combustión y la calcinación; estoy persuadido de que el aumento de peso de las sales metálicas tiene la misma causa. La experiencia ha confirmado totalmente mis conjeturas; he hecho la reducción del litargirio [óxido de plomo] en recipientes cerrados, con el aparato de Hales, y he observado que en el momento que pasaba la cal a metal, se desprendía una cantidad considerable de aire que formaba un volumen mil veces mayor que el de la cantidad de litargirio empleada. He creído, por parecerme este descubrimiento uno de los más importantes de los que se han hecho desde Stahl, que debía asegurarme de su propiedad haciendo el presente depósito en manos del secretario de la Academia, para que permanezca secreto hasta el momento que publique mis experimentos”<sup>57</sup>*

Si bien en un principio, la intención del químico galo no era la de desmontar la teoría de Stahl sino completarla, recordemos que el flogisto era la teoría vigente y en base a la cual se trataba de explicar cualquier hecho y por tanto también la teoría operacional de

Lavoisier, sin embargo, en torno al año 1773 cambia de idea. En un cuaderno de laboratorio de dicho año anotó “La importancia del tema me ha inducido a reanudar todo ese trabajo que me ha parecido muy a propósito para ocasionar una revolución en la física y en la química”. No obstante para ello era necesario un estudio exhaustivo de todos los aspectos conocidos de los procesos de combustión y calcinación, especialmente la importancia de la atmósfera y la naturaleza del fuego y la luz.<sup>58</sup>

Sobre sus trabajos con la atmósfera y su implicación en las combustiones en 1772, señaló

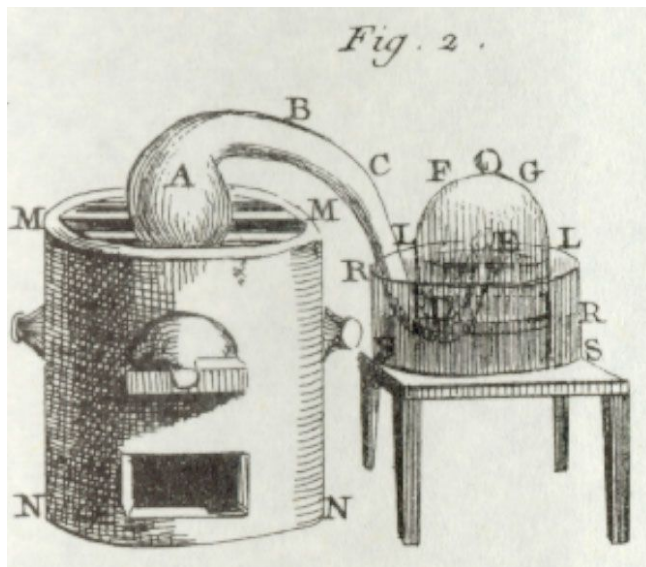
“El aire parece ser una constante en la composición de la mayoría de minerales, incluso de los metales, y además de manera muy abundante. Hasta ahora, sin embargo, ningún químico ha incluido el aire en la composición ni de los metales ni de cuerpo mineral alguno”<sup>59</sup>

en lo que parece ser un apunte previo a la teoría de “la acide”

Constató que la combustión y la calcinación tenían un límite si se realizaban en recipientes cerrados, y que el aumento de peso adquirido por las sustancias sometidas a experimentación, era aproximadamente igual al volumen de aire absorbido.

Además, durante el año 1774 Priestley visitó París y comunicó a Lavoisier que había obtenido una nueva clase de aire al calentar el “mercurio calcinado”. Un aire que favorecía la combustión más que el atmosférico. Lavoisier comenzó una serie de experimentos sobre esta cal. Así pues pesó cuidadosamente una cantidad de cal en una retorta la cual estaba conectada a una campana de aire. El mercurio se mantuvo a una temperatura cercana a la de ebullición durante 12 días, tiempo suficiente para que se transformara en su cal. Una vez enfriado comprobó que el aire del aparato se había reducido en cinco sextos y que en su seno no se producía la combustión ni era posible la respiración. Cuando la cal de mercurio obtenida se calentaba fuertemente en una retorta pequeña se liberaba la misma cantidad de aire que la consumida en la

producción de la cal. Si mezclaba los gases obtenidos en cada parte del experimento obtenía un gas idéntico al aire atmosférico.<sup>59</sup>



Dispositivo empleado por Lavoisier en la demostración de la presencia de oxígeno en las reacciones de oxidación.

No obstante aún quedaba un importante dilema que resolver en esta cuestión ¿Cuál era la naturaleza del aire responsable de estos fenómenos?.

Tras diversos estudios sobre el nitro y salitre y la nitrificación artificial encontró que el “ácido nitroso” (ácido nítrico según la nomenclatura actual) contenía el “Aire eminentemente respirable”. Al relacionar este hecho con sus experiencias anteriores llegó a la conclusión de que.

*“no solamente el aire, sino más bien la parte más pura, entra en la composición de todos los ácidos sin excepción; que a esta sustancia deben su acidez, hasta el punto de que se puede a voluntad darles o quitarles la cualidad de ácido, según que se les despoje o se les suministre la porción de aire esencial a su composición”.<sup>60</sup>*

Por lo que se ve ya en 1776-77 Lavoisier había manifestado y dado a conocer la esencia de su teoría de “la acide”. La teoría definitiva la expuso el 23 de noviembre de

1779 en su memoria “consideraciones generales sobre los ácidos y sobre los principios que estos están compuestos” que no fue publicada hasta 1781.<sup>61</sup>

Uno de los fenómenos más característicos y palpables de la combustión era el desprendimiento de calor y luz. Para completar su doctrina sobre este fenómeno Lavoisier hubo de elaborar un concepto de lo que era el calor y la luz y que fuese coherente con los hechos observables.

En una memoria presentada en 1777 Lavoisier elabora su teoría “calórica” relacionándola con sus trabajos con gases y combustiones.

*“Supondré en esta memoria y en las que le seguirán, que el planeta que habitamos está rodeado por todas partes de un fluido muy sutil que penetra, al parecer sin excepción, a todos los cuerpos que lo componen; que este fluido, al que llamaré fluido ígneo, materia del fuego, del calor y de la luz, tiende a ponerse en equilibrio en todos los cuerpos, pero sin penetrarlos a todos con igual facilidad; en fin, que este fluido existe tanto en un estado de libertad como bajo forma fija y combinada en los cuerpos”*

Esta “materia del fuego” recibía el calificativo de libre cuando a) podía pasar de un cuerpo a otro puestos en contacto, b) llenaba los intersticios dejados entre sí por las partículas y c) podía impresionar a los sentidos.

Su intensidad era medible mediante un termómetro, lo que supuso una gran diferencia con respecto a la teoría del flogisto que lo asumía como no medible ni valorable. En cambio si se unía a un líquido o sólido volátiles en una cierta cantidad dependiente de la naturaleza de éstos, los transformaba en un fluidos elásticos aeriformes, entonces recibía el nombre de combinado, no produciendo en este estado ni impresión en los sentidos ni en el termómetro. Según estas ideas, todo fluido elástico aeriforme era un compuesto formado por una “materia de fuego” y la sustancia particular por otra. Tras una serie de trabajos con alcohol etílico y éter a baja presión (ayudado por Laplace) se encontró con que la evaporación en estas condiciones se daba a una menor temperatura y a mayor velocidad. De esto dedujo que la transformación de los

líquidos en vapores elásticos era un proceso sometidos a dos fuerzas de efectos opuestos. Por un lado la materia de calor, que tendía a evaporar los líquidos, y por el otro la presión atmosférica, que obstaculizaba el paso a vapor.

Una vez estructurada una teoría del calor Lavoisier pudo empezar a desmontar la teoría del flogisto. La nueva teoría consideraba que el “Aire eminentemente respirable” era un compuesto con “materia del calor” y de otra sustancia que constituye su base. Si una determinada sustancia tenía más afinidad por la base que por la materia del calor, ésta se liberaría al medio (en forma de calor o fuego) mientras que la base constituyente formaba un compuesto con la sustancia. Esta aumentaba de peso ya que el compuesto se formaba agregando esa base del aire, lo que explicaba también la disminución del volumen de aire y que la combustión no pudiese llevarse a cabo sin dicho aire.<sup>62</sup>

Si bien su teoría tenía ciertas similitudes con la del flogisto (Al anunciar que se podía penetrar toda materia, por ejemplo) las diferencias eran claras sobre todo en lo conceptual.

Mientras que el flogisto era un elemento que había de estar siempre combinado la “materia del calor Lavoiseriana” podía hallarse agregada o libre (de hecho su libertad era el calor y el fuego en sí mismos) además, como ya se ha mencionado la “materia de fuego” era medible a diferencia del flogisto. En cierta medida puede considerarse que Lavoisier cogió una entelequia como era el flogisto y la convirtió en algo real, palpable y mensurable, como era su “materia de fuego”. Es más, Laplace y él se encargaron de cuantificar el calórico desprendido empleando un calorímetro de hielo entre 1781 y 1783, experimentos que para Lavoisier fueron lo bastante importantes como para incluirlos en su “*Tratado elemental de química*”, de hecho, el capítulo IX de la primera parte se titula “*De la cantidad de calórico que se desprende de las distintas combustiones*” y el capítulo III de la tercera parte “*De los aparatos relativos a la medida del calórico*” en el que se describe como se realizaron estas medidas.<sup>63</sup>



Si bien las ideas de Lavoisier fueron generalmente aceptadas, los viejos hábitos se resistían a morir. Priestley y sus colegas de la “Sociedad Lunar de Birmingham” creían haber podido aislar flogisto mediante el calentamiento de minio con carbón. Realmente habían aislado hidrógeno gas. Este hecho no encontraba explicación en el armazón teórico que había formado Lavoisier, especialmente cuando el hidrógeno se desprendía al tratar con ácido algunos metales, como el hierro o el cinc.

En 1781 Cavendish había hecho reaccionar hidrógeno y aire atmosférico en un recipiente cerrado observando que se formaba agua y el volumen de la mezcla disminuía. Para Cavendish la conclusión era que el agua estaba formada por “Aire inflamable” (hidrógeno) y “Aire desflogistizado” (oxígeno), pero en el modelo flogístico quedaba vagamente explicado. Dado que el hidrógeno se entendía de alguna manera como flogisto y el oxígeno como “anti flogisto” Cavendish no llegó a definir el agua como un compuesto de estas dos sustancias.<sup>64</sup>

Lavoisier tuvo noticia de estos experimentos y los repitió teniendo en mente su teoría del oxígeno y los cabos sueltos que quedaban empezaban a estar atados.

A raíz de ello redactó una Memoria para la Academia titulada *“Memoria donde se prueba, por la descomposición del agua que este fluido no es en absoluto una sustancia simple, y que existen numeroso medios de obtener en grande el aire inflamable que forma parte de ella como principio constituyente”*.

Esta memoria había nacido de una serie de experimentos junto con Bucquet sobre el gas inflamable, con la esperanza de encontrar como producto de su combustión el ácido vitriólico (sulfúrico). En estos experimentos terminó obteniendo agua tan pura por combustión de “aire inflamable” como por destilación.

Con esto Lavoisier atacaba a otra de las teorías erróneas que, desde tiempos menos civilizados, habían sobrevivido hasta sus días, los principios aristotélicos. Había demostrado que el agua no se trataba de una sustancia elemental, sino de un mixto

entre el “principio oxygine” y el “principio inflamable acuoso” en una relación volumétrica 1:2.<sup>65</sup>

A fin de que la demostración de la composición del agua fuese un acontecimiento histórico y nacional preparó una experiencia espectacular para febrero de 1785. La demostración duró dos días y consistió en la síntesis del agua y su descomposición.

Este experimento sirvió para afianzar el concepto de oxígeno. En abril de ese mismo año Berthollet anunció públicamente que admitía la existencia de “un principio ácido u oxígeno”. Sin embargo seguían existiendo químicos conservadores como Priestley, Macquer Wiebleg u otros, que crearon un sistema del neo-flogisto, al que adaptaron estos hechos experimentales.<sup>66</sup>

A partir de 1785 la Academia se convirtió en un campo de batalla por la validez de una u otra teoría. La polémica se desató el 28 de junio, cuando Lavoisier leyó sus “*Reflexiones sobre el flogisto*”. Siguiendo el esquema que era habitual en el químico francés, esta memoria estaba cuidadosamente elaborada y argumentada, hacía trizas aquella idea a la que definía como “opinión, error funesto, ser imaginario y suposición gratuita”.

Para intentar convencer a sus colegas intentó trasladarles mentalmente a la época anterior a Stahl. Siguiendo el método de “solo pasar de lo conocido a lo desconocido” presentó una serie de hechos experimentales y su explicación según la teoría del flogisto, demostrando que .

*“se han establecido una gran cantidad de doctrinas particulares, en las que no se ha conservado más que el nombre de flogisto; cada una ha asignado a esta palabra una idea vaga, que nadie ha definido rigurosamente y se han reunido, sin darse cuenta, dentro del mismo ente, varias propiedades irreconciliables y contradictorias”.*

De esta manera demostraba que les parecía lógico a algunos la existencia del flogisto si era usado como excusa para justificar todo lo que no se entendía. De alguna

manera, y sin darse cuenta, los químicos anteriores habían usado al flogisto como una suerte de “cabeza de turco” química. El flogisto se trataba de un término al que se le atribuía todo, incluyendo características opuestas. Como él mismo lo definió “un verdadero Proteo que cambia de forma a cada instante”.

Resulta curioso conseguir desmontar una teoría no por lo que no explica sino por lo que sí hace. Puede afirmarse que las “*Reflexiones sobre el flogisto*” fueron tanto una memoria académica como un panfleto polémico, que hizo historia en la evolución del pensamiento científico. Marcó un antes en la historia de la química y se convirtió en la antesala del “*Tratado elemental de química*” de 1789. A partir de este momento casi todos los químicos van abandonando la teoría del flogisto.<sup>67</sup>

#### 4.4 Un lenguaje para la química. La nomenclatura

Los problemas de nomenclatura y comunicación entre los químicos eran también producto de la época de la alquimia. Había “elementos” o “principios” que se nombraban en función de alguna propiedad sensorial (sabor, olor, color) otros por su lugar de origen. Los metales se nombraban por su “reflejo” en los cuerpos planetarios (por influencia del hermetismo durante el renacimiento y la influencia mística en la alquimia), así el plomo era Saturno y el hierro Marte.<sup>68</sup>

Por si esto fuese poco la aceptación de la teoría del flogisto y el desarrollo de la química neumática en Reino Unido dió como producto nuevos nombres a sumar al mar de nomenclaturas. Así pues el dióxido de carbono fue nombrado en un principio como “gas silvestre ” por Van Helmont (1580-1644) y como “Aire fijo” por Black, Priestley el bautizó al oxígeno como “Aire desflogistizado”.

Como vemos, por tanto, una misma sustancia podía tener varios nombres y, aún en el caso de que solo tuviese uno, podía ser confusos. En 1787, los autores de una de las primeras normalizaciones de la terminología química pudieron recoger hasta once términos diferentes para lo que hoy llamamos carbonato de sodio, ocho para el carbonato de potasio y seis para el sulfato de magnesio. Además la forma de nombrar a las sustancias no seguían ningún método sistemático o reconocible que facilitase el aprendizaje de los nombres o la posibilidad de deducir el nombre de una sustancia.<sup>69</sup>



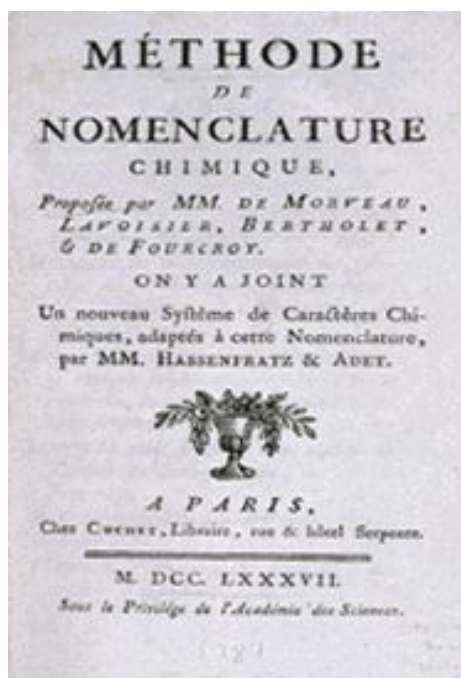
revolución química siendo, a su manera, empírica, demostrable y, lo más importante de todo, útil.

Como Lavoisier indica en el discurso preeliminar a su *“Tratado elemental de química”*, citando al abate Condillac (1714-1780).

*“ No pensamos más que con el auxilio de las palabras; que las lenguas son verdaderos métodos analíticos; el álgebra más sencilla, más exacta y más adecuada en la forma de expresar su objeto, es a la vez una lengua y un método analítico; en fin, que el arte de razonar no es más que una lengua bien hecha”. Y en efecto, mientras que sólo creía ocuparme de la nomenclatura, mientras mi único objeto era perfeccionar la lengua química, el trabajo se transformó insensiblemente en mis manos, y sin poderlo evitar, en un tratado elemental de química. La imposibilidad de aislar la nomenclatura de la ciencia y la ciencia de la nomenclatura se debe a que toda ciencia física se forma necesariamente de 3 cosas: la serie de hechos que constituyen la ciencia, las ideas que los evocan y las palabras que los expresan. La palabra debe original la idea, ésta debe pintar el hecho: he aquí tres huellas de un mismo cuño. (...) por muy ciertos que fuesen los hechos, por muy justas que fuesen las ideas que originasen, sólo transmitirían impresiones falsas si careciésemos de aquellas expresiones exactas para nombrarlos.”<sup>71</sup>*

Es decir, la nueva nomenclatura constituye el fundamento del *“Tratado elemental de química”* y, en buena medida, uno de los aspectos principales de la revolución química.

Transmite, de esta manera, que la revolución no es un punto final en la historia de la química, sino que trata de dotar a los científicos de las herramientas adecuadas para poder avanzar y, no sólo llegar a las conclusiones correctas realizando los experimentos adecuados, sino que además estas puedan ser expresadas y entendidas. En estas palabras oculta también su deseo de que la ciencia (en especial la ciencia química) no sea algo aislado del pueblo sino que pueda ser entendida por el común de los mortales.



Portada original del "Método de nomenclatura química"

Antes de explicar la nomenclatura Lavoisier analiza el concepto de elemento que se ha de nombrar.

*"Me contentaré pues, con decir, que si por el nombre de elementos queremos designar a las moléculas simples e indivisibles que componen los cuerpos, es probable que las ignoremos; pero si, por el contrario, unimos al nombre de elementos o principios de los cuerpos la idea del último termino al que se llega por vía analítica, entonces todas las sustancias que hasta ahora no hemos podido descomponer por cualquier medio serán para nosotros otros tantos elementos; con esto no queremos asegurar que los cuerpos que consideramos como simples no se hallen compuestos por dos o mayor número de principios, sino que como nunca se ha logrado separarlos o, mejor dicho, faltándonos los medios para hacerlo, debemos considerarlos cuerpos simples y no compuestos hasta que la experiencia y la observación nos demuestren lo contrario"*<sup>72</sup>

	Nombres nuevos.	Nombres antiguos correspondientes.
	Luz.....	Luz. Calor. Principio del calor.
<i>Sustancias simples que pertenecen a los tres reinos, y pueden mirarse como los elementos de los cuerpos.</i>	Calórico.....	Fluido igneo. Fuego. Materia del fuego y del calor.
	Oxígeno.....	Ayre deflogistado. Ayre empyreal. Ayre vital. Base del ayre vital.
	Azoe.....	Gas flogistado. Mofeta. Base de la mofeta.
	Hidrógeno.....	Gas inflamable. Base del gas inflamable.
<i>Sustancias simples no metálicas oxidables y acidificables.</i>	Azufre.....	Azufre.
	Fósforo.....	Fósforo.
	Carbono.....	Carbon puro.
	Radical muriático..	Desconocido.
	Radical fluorico....	Desconocido.
	Radical borácico....	Desconocido.
	Antimonio.....	Antimonio.
<i>Sustancias simples metálicas oxidables y acidificables.</i>	Plata.....	Plata.
	Arsénico.....	Arsénico.
	Bismuto.....	Bismuto.
	Cobalto.....	Cobalto.
	Cobre.....	Cobre.
	Estañó.....	Estañó.
	Hierro.....	Hierro.
	Manganeso.....	Manganesa.
	Mercurio.....	Mercurio.
	Molibdeno.....	Molibdena.
<i>Sustancias simples salificables terreas.</i>	Nickel.....	Nickel.
	Oro.....	Oro.
	Platino.....	Platina.
	Plomo.....	Piomo.
	Tungsteno.....	Tungstena.
	Zinc.....	Zinc.
	Cal.....	Tierra caliza, cal.
	Magnesia.....	Magnesia, base de la sal de Epsom.
	Bárita.....	Baroto, tierra pesada.
	Alúmina.....	Arcilla, tierra de alumbre, base del alumbre.
	Silica.....	Tierra silicea, tierra vitrificable.

Tabla de elementos con el nombre "nuevo" de la reforma de la nomenclatura y el nombre previo.

Lavoisier explica su nomenclatura, basándose en la idea de "pasar siempre de lo conocido a lo desconocido y de lo más sencillo a lo más complicado, afianzando cada paso del proceso"

*"Guiado por el trabajo que sobre la nomenclatura química hicimos conjuntamente en 1787 Morveau, Berthollet, Fourcroy y yo he designado, cuando me ha sido posible, a las sustancias simples con palabras sencillas y, por tanto, son éstas las primeras que me he visto obligado a nombrar. Recordamos que nos hemos esforzado en conservar el nombre que las sustancias tienen en la sociedad y sólo nos hemos permitido introducir cambios en dos casos: primero, cuando se ha tratado de sustancias recientemente descubiertas o que no han sido todavía nombradas o, en caso afirmativo, hacía poco tiempo y cuyos nombres no estaban aún sancionados por una adopción general"*<sup>73</sup>



De nuevo Antoine trata mantener a la química cerca de la sociedad y accesible en contraposición a la alquimia

*“Segundo, cuando nos ha parecido que los nombres adoptados antigua o modernamente implican ideas falsas que podían confundir a las sustancias que designaban con otras dotadas de propiedades distintas u opuestas. En tales casos no hemos tenido ningún inconveniente en sustituir dichas palabras por otras que hemos derivado principalmente del griego, procurando que expresen la propiedad más general y característica de la sustancia.”<sup>74</sup>*

Dicho de otra manera, Lavoisier y sus colaboradores buscaron a través de la *palabra* tumbar las ideas erróneas que les precedieron. De esta manera no sólo hacen la nomenclatura una herramienta sencilla y útil para el científico, también rompen con el pasado y buscan la manera de evitar que las próximas generaciones piensen en términos equivocados. Es decir, la nomenclatura química no solo recoge la forma de nombrar las sustancias sino la forma de pensar sobre ellas.

Prosigue en su explicación sobre la nomenclatura.

*“Respecto a los cuerpos formados por la unión de varias sustancias simples, los hemos designado con nombres compuestos por ser así ellos mismos; pero, como el número de combinaciones binarias es ya bastante considerable, caeríamos en el desorden y en la confusión si no hubiésemos establecido clasificaciones. El nombre de las clases y géneros indica, en el orden natural de las ideas, lo que es propiedad común a un gran número de individuos, el de las especies, al contrario, sólo las propiedades particulares de unos cuantos.*

*Estas distinciones no pertenecen, como se podría pensar, solamente a la metafísica, sino que se dan en la naturaleza(...)*

*Los ácidos, por ejemplo, se componen de dos sustancia del tipo que consideramos simples: una que constituye la acidez y que es común a todos y que*

*dará el nombre de la clase o del género; otra, que es peculiar de cada ácido diferenciándolo de los demás, y que proporciona el nombre específico.*

*Pero, en la mayor parte de los ácidos, los dos principios constituyentes, esto es, el acidificante y el acidificado, pueden existir en proporciones diferentes que constituyen el estado de equilibrio o saturación ; esto se observa como los ácidos sulfúricos y sulfuroso, hemos expresado los dos estados de acidez variando únicamente la terminación del nombre específico.”<sup>75</sup>*

En este párrafo se puede apreciar el amor de Lavoisier por el orden y la organización. La nueva nomenclatura ha de ser *ordenada* para tener sentido. Como ya se ha dicho, uno de los objetivos de esta nomenclatura es la de transmitir la *idea* de la sustancia. Organizándola en clases se establece también la idea misma de las clases de compuestos.

A continuación nombra a los óxidos. Como se trata de un nombre de nuevo cuño primero explica a qué tipo de compuestos se refiere

*“Las sustancias metálicas que han sido expuestas a la acción conjunta del aire y del fuego, pierden su brillo metálico, aumenta de peso y toman un aspecto terroso; en este estado dichas sustancias se componen, al igual que los ácidos, de un principio común a todas Y de otro específico peculiar de cada una; el nombre genérico derivado del principio común que hemos adoptado para clasificarlas es el de óxido, diferenciando a continuación unas de otras por el nombre particular del metal de que proceden.”<sup>76</sup>*

Resulta llamativo que para los ácidos afirme que el principio constituyente sea el “ácido” (sin adentrarse en su naturaleza química) y no el oxígeno, tal como pregonaba su propia teoría sobre los ácidos, sin embargo si aplica ese nombre a los óxidos. En ello vemos que Lavoisier no quiere dar como cierto aquello que todavía no está totalmente demostrado (su teoría ácida) y darle a la nomenclatura una vida mayor que la de sus propias ideas, ya que no es una nomenclatura para él, sino para todo el mundo. Por otro lado da como totalmente probado que los óxidos son compuestos de

los metales con el gas oxígeno (del que habla en en capítulos posteriores) por lo que en su nomenclatura considera totalmente eliminada de la ciencia la teoría del flogisto. Con respecto a la clasificación de los diferentes ácidos de igual principio de nuevo busca llevar el orden a donde, hasta entonces, no estaba. Con la sencilla solución de cambiar la terminación del nombre cumple todos sus objetivos, transmite la idea correcta sobre la sustancia, en este caso que contiene azufre o sulfuro, hacer distinción entre las sustancias concretas que son diferentes y de una manera que sea sencilla y fácil de aprender.

Posteriormente se enfrenta a las sustancias “triples” y de nuevo busca la solución más sencilla y fácil de aprender.

*“Mayor dificultad presentaba la nomenclatura de los cuerpos formados por tres sustancias simples, (...). En los cuerpos que forman esta clase, (...)hemos tenido que considerar: 1º. el principio acidificantes, que es común a todos, 2º el principio acidificable, que constituye el ácido particular; 3º. la base salina, terrosa o metálica que determina la especie particular de la sal. Hemos tomado el nombre de cada clase de sales del principio acidificable, común a todos los individuos de la clase, distinguiendo después a cada especie con el nombre de la base salina terrosa o metálica que le es peculiar*

*Toda sal, aunque esté compuesta de los mismos tres principios, se puede hallar, sin embargo, en estados muy diversos al cambiar simplemente la proporción entre ellos. Por tanto, la nomenclatura que hemos adoptado sería defectuosa si no pudiese expresar esta variedad, lo que hemos conseguido cambiando la terminación y haciéndola uniforme para todas las sales que se encuentren en el mismo estado.” 77*

Lavoisier trata de mantener la nomenclatura lo más simple posible, ya que es uno de los objetivos de la misma. Justifica así que, si la nomenclatura llega a un grado de complejidad, es porque así lo hace la naturaleza y, siempre que puede busca la manera más sencilla de que se pueda nombrar. Además se aprecia como sigue

buscando la forma de que las sustancias no solo sean nombradas sino también *clasificadas*, por lo que mantiene su búsqueda del orden.

*“En fin, hemos llegado a conseguir que por el solo nombre se sepa en el acto: qué sustancia combustible entra a formar parte de una determinada combinación, si está unida al principio acidificante y en qué proporción, en qué estado se encuentra el ácido, a qué base se halla unido, si hay saturación completa o si domina más bien el ácido o la base.”*<sup>78</sup>

Con esto Lavoisier deja claro que la nueva nomenclatura cumple todo lo que de ella esperaban sus creadores y se hallan satisfechos con el trabajo realizado. Es importante como menciona su ruptura con el pasado y de nuevo defiende y argumenta su nuevo sistema, dejando claro que la química ya se ha revolucionado.

#### 4.5 Lavoisier y la revolución química

Por su propia personalidad Antoine Lavoisier era un candidato idóneo para ser ese químico revolucionario del que hablaba Vettel. En 1771 escribió en el panegírico del economista Colbert (1619-1683), para un concurso de la Academia, “En medio del caos que lo rodeaba y apoyándose en su propio valor y en la honda verdad de sus percepciones, Colbert era capaz de aunar la ley y el bien”.<sup>79</sup>

Esto nos da una idea de la personalidad de Lavoisier, que se muestra enemigo del caos y el desorden en todos los aspectos. Así pues su carácter le llevaba a descubrir principios principios de orden allá donde hubiesen y a imponerlos donde no fue capaz de encontrarlos.

Buena muestra de ello es la ley de la conservación de las masas. Atribuida su formulación a Lavoisier lo cierto es que nunca le dio una importancia mayor ni se propuso demostrarla.

Aunque la enunció en su *“Tratado elemental de química”*, suponía que era algo que tenía que ocurrir. De la misma manera que en su trabajo de administrador los balances tenían que cuadrar, tenían que hacerlo en su trabajo de químico. Así pues una vez describió el dinero como “Un fluido cuyos movimientos necesariamente dan como resultado un equilibrio”. Las analogías entre sus dos mundos (laboral-económico y pasional-científico) no le eran algo ajeno y acostumbraba a trabajar con ellas.

Es más, habitualmente las pesadas antes y después de un experimento no arrojaban el mismo valor dado que, pese a que contaba con los equipos más modernos de su época, las pérdidas eran algo inevitable. En sus anotaciones y cálculos Lavoisier solía estimar sus errores de medida como buenamente podía.

De nuevo operando de forma paralela entre los dos mundos en los que se movió. La correlación exacta de las cantidades, medidas con precisión era un método mediante el cual había logrado desentrañar el tinglado de la Contrata General y que también aplicó a cuestiones económicas del Estado Francés.<sup>80</sup>

También su irregular y ecléctica formación contribuyeron a convencer al joven Lavoisier de la necesidad de una revolución en la química y orientaron en la forma de acometerla. Así pues declaró sobre sus estudios en matemáticas y física en el Colegio Mazarin “Me acostumbre al rigor racional que aplican los matemáticos a su labor”

El rigor constituía una de las virtudes necesarias para el científico y más aún para el químico.

A raíz de su investigación sobre el mesmerismo escribió en un artículo.

*“El arte de sacar conclusiones de experimentos y observaciones consiste en evaluar probabilidades y calcular si son lo bastante altas y numerosas como para constituir pruebas. Este tipo de cálculo es más complejo y difícil de lo que se piensa; exige gran sagacidad y por lo general no está al alcance del común de los mortales.*

*Pues bien, los errores en este tipo de cálculo son la base del éxito de charlatanes, brujos y alquimistas,y, análogamente, en épocas pasadas, del de magos, encantadores y, en general, de cuantos se han engañado a sí mismos o tratan de abusar de la credibilidad del vulgo.”<sup>62</sup>*

El mesmerismo consistía en una doctrina propuesta por Franz Mesmer (1733-1815) que proponía la curación de enfermedades usando el “magnetismo animal” y campos magnéticos.

Lavoisier impuso el orden empezando por su vida cotidiana, la cual regía por una rutina estricta. Durante la mayor parte de su vida se levantaba a las cinco, dedicaba tres horas a la ciencia pura en el laboratorio que tenía en su propio hogar, y de las nueve de la mañana a las siete de la tarde atendía asuntos de la “Ferme générale”, la Administración de Pólvora y la Academia, razón por la que disponía de una espaciosa sala en el Louvre. Por la noche dedicaba otras 3 horas a la investigación científica. Los sábados por lo general organizaba exposiciones y experimentos con sus alumnos en su laboratorio. <sup>83</sup>

El amor de Lavoisier por la química hizo que siempre dispusiese de un laboratorio junto a su hogar. Así pues, al tener que abandonar el Arsenal por motivos índole política e instalarse en su nuevo apartamento en el 243 del bulevar Madeleine, montó allí un nuevo laboratorio, si bien, por cuestiones tanto de espacio como de seguridad pública, más pequeño y peor aprovisionado que el anterior.<sup>84</sup>

#### 4.6 La revolución química en España

En la España de finales del siglo XVIII, la ciencia, y en concreto la química, se hallaban en auge. Durante este período 3 elementos químicos de conocidos en la época habían sido descubiertos o descritos por españoles. El platino (Antonio Ulloa 1748), el Wolframio (Juan José y Fausto de Elhúyar, 1783) y el Vanadio (Andrés del Río, 1802) . Durante el reinado de Fernando VI empieza una política de desarrollo científico; contratación de científicos extranjeros, envío de pensionados a centros docentes europeos y creación de Museos de Ciencias Naturales, Jardines Botánicos y Laboratorios Químicos. En septiembre de 1777 se aprueba la creación de la Cátedra de Química de Vergara (Guipúzcoa), a la que seguirían las Cátedras de Química de Madrid (1788), Valencia (1791), Segovia (1792) y Cádiz (1795).<sup>85</sup>

En la segunda mitad del siglo XVIII se consolidó en España el proceso de renovación científica, a consecuencia de lo cual los gobiernos ilustrados apoyaron activamente a las ciencias patrias.

Para romper el aislamiento de España con el resto de Europa los gobiernos ilustrados tomaron importantes medidas, se subvencionó la estancia de españoles en el extranjero, sobre todo Francia y Reino Unido, se contrató a científicos y técnicos europeos para que impartiesen sus conocimientos en España y se renovaron los planes de estudios para que entrasen las nuevas disciplinas científicas.

Los monarcas apoyaron asimismo, la creación de instituciones dedicadas a la investigación y la enseñanza científicas, tales como la Regia Academia Médica Matritense (1734), el Real Colegio de Cirugía de Cádiz (1748) o la Sociedad Bascongada de los Amigos del País (1764).<sup>86</sup>

En el Reino de España la aceptación del “método francés” de Lavoisier fue prácticamente inmediata, debido a la alianza entre Francia y España, así como la “juventud” de la química española, ajena a la contaminación de las teorías del flogisto.



No era raro encontrar a químicos españoles perfeccionando su conocimiento en Francia o a químicos franceses en instituciones académicas españolas. Es especialmente significativo el caso de Louis Proust (1754-1826).

**Louis Proust** comenzó sus estudios en química y farmaceútica en la oficina de su padre. En 1777 se trasladó a París para continuar con sus estudios, lugar donde trabó amistad con Lavoisier.



En 1778 fue contratado por *Real Seminario Patriótico de Vergara* para impartir la enseñanza de la química durante un curso (1779-1780) y regresó a París. Volvería a España en 1786 para enseñar química y metalurgia en el Real Colegio de Artillería de Segovia, gracias a la recomendación de Lavoisier. En 1799 se traslada a Madrid para hacerse cargo del laboratorio de químicas. A finales de 1806 regresó a Francia, donde murió. Sin duda

alguna, Proust fue uno de los principales difusores de la “nueva química” en nuestro país gracias a su relación con Lavoisier y a que ocupó diversos cargos en la enseñanza de esta ciencia en España.<sup>87</sup>

A esta “nueva química” se sumaron con pronto entusiasmo Pedro Gutiérrez Bueno y Juan Manuel de Aréjula

**Pedro Gutiérrez Bueno** (1745-1822) fue un químico y farmacéutico español así como



uno de los principales escritores de obras de enseñanza de la química durante los años finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX. Tras asistir a los cursos de los Reales Estudios de San Isidro, Gutiérrez Bueno consiguió superar el examen del Real Tribunal del Protomedicato y fue admitido en el "Real Colegio de Boticarios" de Madrid, por lo que pudo regentar una botica en esa ciudad a partir de 1777. En 1785 fue nombrado

profesor de química en el Colegio de Cirugía de San Carlos, y en 1787 en el Real Gabinete de Historia Natural. Nombrado boticario mayor de Su Majestad en 1792, fue él único químico español al que se le encomendó la dirección de uno de los grandes laboratorios, el del Ministerio de Estado. En 1804 pasó a ocuparse, como director y profesor de química, del nuevo Colegio de Farmacia de Madrid.<sup>88</sup>

En su obra de 1777 , *“Instrucción sobre el analisis de las aguas minerales”* así se expresaba

*“Pues en todas ellas se encuentra siempre algo de tierra y de sal Selenítica...”*  
*“... forman el Turbith mineral; y quando por la mezcla de Alkali fixo...”*  
*“...cuyos principios volátiles son conocidos en el día con el nombre de aire fixo”*  
*“se tomará del mismo manantial como un cuartillo de agua (...) se echarán unos pequeños pedazos de agrallas de Levante...”*  
*“...Si con el licor saturado de la materia colorante del Azul de Prusia(...) echándole unas gotas de ácido vitriólico”*  
*“Por tanto si echando algún Alkali Prusia ó alguna sal deliquesciente tambien vuelven verde la tintura de Violetas...”*  
*“Se le irá echando licor de tártaro”*  
*“Si resultase la sal de Glaubero...”<sup>89</sup>*

Incluso en *“Instrucción práctica para destilar las aguas fuertes y otros espíritus ácidos”* (año 1787) se puede leer

*“para purificar el Salitre , y separarle las Sales extrañas con que por lo común está mezclado, como son la Sal común de base de tierra, la de Glauvero, y la Selenitica , pues si no se separan del Salitre estas tres Sales , el agua fuerte doble, y el espíritu de Nitro no pueden servir ...”*  
  
*“...!º) hechese un terroncito en seis ù ocho veces, su peso de Aceyte de Vitriolo, y se empezará á disolver aunque con alguna dificultad...”*

*“Se abrirá un cimientó proporcionado en toda la circunferencia que señala el intermedio de los dos círculos. Sobre este cimientó, que llegará, como qualquiera otro , hasta el piso del terreno, se hará una basa de ladrillo, y barro en lugar de cal, de pie y medio de alto, y tres pies de ancho(...) La chimenea de éste, se ha de construir encima de su puerta , de modo, que suba un pie, ó algo mas sobre el caballete del tejado”<sup>90</sup>*

Como podemos ver ambos fragmentos ejemplifican todos los vicios y malos hábitos que vivían en la química prerevolucionaria; una nomenclatura confusa en la que se mezclan propiedades de las sustancias, origen de las mismas o descubridor, además de referencias cosmológicas y el uso del nombre “espíritu” para referirse tanto a gases como a “esencias” , una terminología no estandarizada, así como ausencia de precisión matemática en la medida y en las operaciones o descripciones e instrucciones vagas e imprecisas.

A continuación para que sirva de comparativa, algunos fragmentos de *“Práctica del curso de química dividido en lecciones para la enseñanza del real colegio San Carlos”* del mismo autor del año 1803

*“Una disolución de plata en el ácido nítrico...”*

*“Poniendo á destilar una amalgama de mercurio y estaño...”*

*“... sobre una disolución de potasa”*

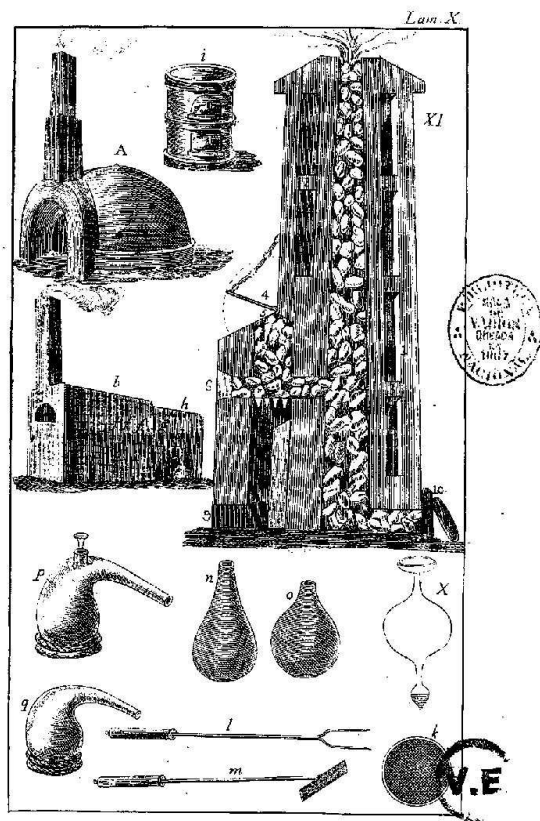
*“...sin la presencia del calórico no hay disolución”*

*“Cuando se disuelve carbonato calcáreo en el ácido sulfúrico...”*

*“VII. Si los cuerpos que se pongan en contacto con los ácidos están combinados con otros, como el carbonato de cal, el de potasa, de sosa, amoniacal y otros semejantes, se desagrega el ácido carbónico en forma de gas en el acto de la saturación; y se llama efervescencia el movimiento que se nota al desprenderse dicho gas ácido carbónico.”<sup>91</sup>*

Además de un extracto de “*Método de fabricar los ácidos minerales*” (fechado por la Biblioteca Nacional entre 1775 y 1800)

*“se construye una campana de chimenea bastante desahogada , y debaxo de ella se hace un horno (fig b). para decrepitar ó calcinar en él la sal común en esta forma: se levanta un poyo de 3 pies de alto , 7 de largo , y 4 de ancho (o) j se pone sobre él una baldosa de piedra berroqueña (granito) de grano gordo para que no salte con el fuego ; á la extremidad de esta losa se hace una hornilla común con su rejilla de hierro (d), y su cenicero (e)”*<sup>92</sup>



© Biblioteca Nacional de España

Lam X de “*Método de fabricar los ácidos minerales*”(entre 1775 y 1800) Pedro Gutierrez bueno, Biblioteca Nacional de España

El cambio en el lenguaje es evidente. Se ha abandonado por completo la nomenclatura previa, confusa y extraña por la “nueva nomenclatura”. Asimismo se observa la referencia al término calórico, tal y como aparece descrito por Lavoisier. Las explicaciones han sufrido un cambio cualitativo en cuanto a claridad y precisión, amén de la inclusión de diagramas o ilustraciones bien contruidos y explicados a semejanza de los del *“Tratado elemental de química”*

**Juan Manuel Guillermo de Aréjula y Pruzet** (1755-1830) Nació el mes de junio de 1755 en el seno del matrimonio formado por Juan de Aréjula Burgos y Francisca Pruzet Badel en la localidad cordobesa de Lucena. Con 17 años ingresó en el prestigioso colegio de Cirujanos de Cádiz.

Se graduó en 1776 se graduó y pasó a trabajar como cirujano de la marina, así como cirujano de navíos civiles y mercantiles en las colonias de ultramar durante la llamada guerra anglo-española de 1779 (Resultado del apoyo de España a las 13 colonias americanas que luchaban por su independencia). Finalizado el conflicto el Cirujano Mayor es clasificado como “incapaz de volver a navegar por motivos de salud”. Es enviado y en 1784, por Real Orden, a París para perfeccionar sus conocimientos de química. Participó en los cursos de Fourcroy mientras este preparaba la “nueva nomenclatura química” junto a Lavoisier, Guyton de Morveau y Berthollet. Entre 1789 y 1791 viajó por Gran Bretaña buscando los conocimientos para instalar un laboratorio químico en Cadiz, a la vez que investigaba sobre la industria. A su regreso a España es nombrado ayudante de Cirujano Mayor y se le asigna cátedra en el colegio de cirugía de Cádiz. Abandonó el colegio de cirugía por sus enfrentamientos con la autoridad, para pasar a ejercer la medicina por Andalucía.. Debido a sus ideas progresistas tuvo conflictos con los regímenes absolutistas de Fernando VII. Fue miembro de la Dirección General de Estudios durante el trienio liberal. Se exilió a Londres en 1823 a causa de la vuelta del absolutismo (en lo que se llamaría Década Ominosa) ciudad en la que falleció en 1830.<sup>93</sup>

De esta manera se expresaba en su *“Discurso sobre la necesidad de la quimia : en la teoria y practica de la medicina”* (1795)

"No dexamos de conocer que este tan importante ramo sirvió muy poco á la Medicina en los tiempos en que se fundaba en hipótesis ridiculas ..."

*"...mas ahora que se han convencido los modernos de la necesidad de abandonar las hipotesis para buscar la verdad en la ciencia de los hechos..."*

*" ¿ quanto mas arduo, nos parecería veinte años ha el descomponer lo que los Aristotélicos nombraban elementos, y conocer su naturaleza? la Quimia de nuestros días nos ha trazado muchas nuevas vías..."*

*"A tres pues se reducen todas las substancias, que componen el Reyno orgánico (F) las quales combinadas en diversas proporciones con nuestro arxicayo ( osígeno ) forman el Agua, acido Carbónico, y acido nitroso: ¿ Y no es de maravillar aun mas , el que podemos recoger estos principios , examinar su pureza , ver su proporción, medirlos como si fueran Agua , ù otro licor , y pesarlos como á el cuerpo mas material ? "*

*"Se há simplificado tanto en estos últimos años esta importantísima parte de el arte de curar, y conocido de tal 'modo la naturaleza de los remedios, que de una sola, y ; misma substancia formaban los autores mas celebres cinco, y diez especies, que describían en sus catálogos como diversas, y creían cada una en particular preferible para ciertas enfermedades á las otras, que eran exactamente de la misma naturaleza ; por exemplo, el tártaro vitriolado , la sal de duobus, el arcano duplicado, el vitriolo de potasa, la sal policresta de Gazer , hoy sulfato de potasa , son compuestas de los mismos principios , y conocidas siendo una misma cosa, con los varios nombres, que acabamos de pronunciar; el álcali fixo vegetal, la sal de tártaro, de agenjos, centauro, cardo-santo; artemisa, retama , y semejantes .Se han conservado en las boticas como sales de distinta naturaleza , poder y virtud , y hoy se demuestra que son idénticamente una misma substancia"<sup>94</sup>*

La influencia de la revolución química queda patente. Desde como trata a las ideas antiguas como “hipótesis ridículas” hasta el uso de la nueva nomenclatura “ácido Carbonico, y Ácido Nitroso”, resulta curioso el caso de que Aréjula emplee otro nombre para el oxígeno (arxicayo) aunque explique a qué sustancia se refiere entre paréntesis, pues en opinión de este químico el nombre de “oxígeno” era incorrecto ya que se habían encontrado ácidos en los que no estaba presente. En el último de los párrafos seleccionados podemos observar como defiende esta nueva nomenclatura, criticando a la anterior, especialmente por los conceptos materiales que trae consigo, como el considerar a las sustancias por su composición y no por su origen.

## 5. Conclusiones

1º Se ha explicado el contexto histórico y social del fenómeno conocido como la revolución química, esto es, la Francia del llamado “siglo de las Luces” o “Ilustración” .

2º Se ha expuesto una biografía personal de Lavoisier, así como su relación con las principales personas e instituciones que conformaron su carácter y le llevaron a liderar la revolución química.

3º Se han analizado las principales aportaciones que realizó a la química, tanto las metodológicas como un uso riguroso de la balanza y las matemáticas en el laboratorio químico y la nueva nomenclatura como las teóricas, la sustitución de la teoría del flogisto por la del oxígeno como explicación de las combustiones y calcinaciones. Este análisis se ha centrado en las principales obras de la revolución química que son, el *“Tratado elemental de química”* y *“Método para la nomenclatura química”*.

4º Se ha comprobado la pronta difusión de las ideas de Lavoisier y la rápida aceptación de la revolución química en España a través de los textos de algunos de los principales químicos españoles de la época.



## Bibliografía

1. Ramón Gago Bohórquez, *Introducción al Tratado elemental de química*, pág II-III,. Ediciones Alfaguara S.A. 1982
2. ver ref 1, págXLV
3. [https://es.wikipedia.org/wiki/Despotismo\\_ilustrado](https://es.wikipedia.org/wiki/Despotismo_ilustrado)
4. <http://www.monografias.com/trabajos4/revolfrancesa/revolfrancesa.shtml>
5. Madison Smartt Bell, *Lavoisier en el año uno de la Revolución*, pág 16-17. Antoni Bosch editor, 2010
6. <https://es.wikipedia.org/wiki/Ilustraci%C3%B3n>
7. <https://es.wikipedia.org/wiki/L%27Encyclop%C3%A9die>
8. Inés Pellón González, *Un químico ilustrado Lavoisier*, pág 14-15,. Nivola libros ediciones, 2002
9. ver ref 5 pág 33
10. ver ref 1 , págXV-XVI
11. ver ref 5,pág 19
12. ver ref 5,pág 20
13. ver ref 1 pág XVI,
14. ver ref 5,pág 20
15. ver ref 1 pág XVIII
16. ver ref 8, pág38-39,
17. ver ref 5,pág 22
18. ver ref 8, pág52,
19. ver ref 5,pág 23,26
20. ver ref 5,pág 23
21. ver ref 8, pág 40-42,
22. ver ref 8, pág51-52,
23. ver ref 5,pág 30-32
24. ver ref 8, pág 72-73,
25. ver ref 8, pág 81-83,
26. ver ref 1 pág XXXVII,
27. ver ref 1 pág XXXIX,
28. ver ref 5 pág XLIV-XLV
29. ver ref 8, pág 35-40,
30. ver ref 8, pág 140,
31. ver ref 8, pág 149,

32. ver ref 5,pág 146
33. ver ref 5,pág 148-149
34. ver ref 5,pág 151
35. ver ref 5,pág 37-38
36. :ver ref 8,pág 151-152
37. Antonio García Belmar, José R. Bertomeu Sánchez, *Nombrar la materia: una introducción histórica a la terminología química*, pág 62,. Ediciones del Serbal,1999
38. John Gribbin, *Historia de la ciencia 1543-2001.*, pág 238, Crítica editorial 2003
39. Antoine Laurent de Lavoisier, *Tratado elemental de química*, pág 6, Ediciones Alfaguara S.A. 1982
40. ver ref 39,pág 7
41. ver ref 39,pág 8
42. ver ref 5,pág 58-59
43. ver ref 38, pág 208
44. ver ref 8 pág 13-18,
45. ver ref 5 pág 54,
46. ver ref 1, pág XIV
47. ver ref 8 pág 84,
48. ver ref 5,pág 83
49. ver ref 5,pág 58
50. ver ref 8, pág 23
51. ver ref 39, pág 7-8
52. ver ref 37
53. ver ref 39, pág 322
54. ver ref 39, pág 326-327
55. ver ref 1 pág XXVI
56. ver ref 1 pág XXIV
57. ver ref 5,pág 66
58. ver ref 5,pág 77
59. John Hudson, *The history of chemistry*, pág 67, Chapman & Hall, 1994
60. ver ref 8, pág 72,
61. ver ref 1 pág XXX
62. ver ref 1 pág XXXI-XXXIII
63. ver ref 1 pág XXXIV
64. ver ref 8, pág 77
65. ver ref 1 pág XXXVII-XXXVIII

66. ver ref 8, pág 88-89
67. ver ref 8, pág 90-93
68. ver ref 8, pág 103
69. ver ref 37, pág 49
70. ver ref 37, pág 60
71. ver ref 39, pág 5-6
72. ver ref 39, pág 11
73. ver ref 39, pág 12
74. ver ref 73
75. ver ref 39, pág 12-13
76. ver ref 39, pág 13-14
77. ver ref 39, pág 14-15
78. ver ref 5, pág 27
79. ver ref 5, pág 27
80. ver ref 5, pág 63
81. ver ref 5, pág 27
82. ver ref 5, pág 41
83. ver ref 5, pág 33
84. ver ref 5, pág 34
85. ver ref 1, pág XLVII-XLVIII
86. ver ref 8, pág 159
87. <http://www.uv.es/~bertomeu/material/museo/proust.htm>

88. <http://www.uv.es/~bertomeu/material/museo/bueno.htm>
89. <http://bdh.bne.es/bnearch/CompleteSearch.do;jsessionid=C2B596F89FA336F40B4DE80D0E8FA770?languageView=es&field=todos&text=gutierrez+bueno&showYearItems=&exact=on&textH=&advanced=false&completeText=&pageSize=1&pageSizeAbrv=30&pageNumber=7>
90. <http://bdh.bne.es/bnearch/CompleteSearch.do;jsessionid=64A4B3AFF0E2489F6F3060640A038BDD?languageView=es&field=todos&text=gutierrez+bueno&showYearItems=&exact=on&textH=&advanced=false&completeText=&pageSize=1&pageSizeAbrv=30&pageNumber=13>
91. <http://bdh.bne.es/bnearch/CompleteSearch.do;jsessionid=64A4B3AFF0E2489F6F3060640A038BDD?languageView=es&field=todos&text=gutierrez+bueno&showYearItems=&exact=on&textH=&advanced=false&completeText=&pageSize=1&pageSizeAbrv=30&pageNumber=8>
92. <http://bdh.bne.es/bnearch/CompleteSearch.do;jsessionid=64A4B3AFF0E2489F6F3060640A038BDD?languageView=es&field=todos&text=gutierrez+bueno&showYearItems=&exact=on&textH=&advanced=false&completeText=&pageSize=1&pageSizeAbrv=30&pageNumber=1>
93. [https://cordobapedia.wikanda.es/wiki/Juan\\_Manuel\\_Guillermo\\_de\\_Ar%C3%A9jula\\_y\\_Pruzet](https://cordobapedia.wikanda.es/wiki/Juan_Manuel_Guillermo_de_Ar%C3%A9jula_y_Pruzet)
94. <http://bdh.bne.es/bnearch/CompleteSearch.do?field=todos&text=arejula&showYearItems=&exact=on&textH=&advanced=false&completeText=&pageSize=1&pageSizeAbrv=30&pageNumber=2>

Todas las páginas web de la bibliografía se consultaron en los meses de junio y julio del año 2017